

O Estudo da Fragilidade Potencial e Emergente na Bacia Hidrográfica do Rio das Antas, Noroeste do Paraná

The Study of Potential And Emerging Fragility In The Antas River Watershed, Northeast Paraná

André Jesus Perizzato

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia
FCT-UNESP Presidente Prudente, Brasil
andrejesus_91@hotmail.com

Marta Luzia de Souza

Professora Doutora do Departamento de Geografia na
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
mlsouza@uem.br

Resumo

O presente artigo objetiva identificar níveis de fragilidade ambiental para bacia hidrográfica do rio das Antas, noroeste do Estado do Paraná. Para tanto, os procedimentos metodológicos se pautaram na análise da relação declividade-solo-uso e ocupação da terra. Para determinação da fragilidade potencial foi realizado o cruzamento entre o mapa de solos com dados de declividade. Para obtenção da fragilidade emergente foi realizada a combinação do mapa de fragilidade potencial com carta de uso e ocupação da terra. Os resultados evidenciaram que, a bacia hidrográfica, inicialmente apresentou 82% de fragilidade potencial moderada, associada principalmente às condições do solo. Contudo, ao aplicar a combinação do uso e ocupação da terra, os valores de fragilidade para área de estudo ficaram entre 25% para a classe moderada e 56% com grau fraco.

Palavras-chave: Fragilidade, planejamento ambiental, geoprocessamento.

Abstract

The present article aims to identify environmental fragility levels for the Antas river watershed, northwest of Paraná State. For this purpose, the methodological procedures were based on the analysis of the slope-soil-land use and occupation relationship. Inherent fragility was determined by crossing the soil map with slope data. To obtain the emerging fragility, the potential fragility map was combined with land use and occupation chart. The results showed that the watershed initially presented 82% of moderate potential fragility, mainly associated with soil conditions. However, when applying the combination of land use and land occupation, the study area fragility values were between 25% for the moderate class and 56% for the weak grade.

Keywords: Fragility, environmental planning, geoprocessing.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, percebe-se profundas modificações no meio tecnológico, social, econômico e, principalmente ambiental. Os sistemas ambientais, face às intervenções provocadas por essas transformações, apresentam como resultado maior ou menor fragilidade, que por sua vez, estão relacionadas às características da área em estudo.

Para Sporn e Ross (2004), qualquer alteração nos diferentes componentes da natureza (relevo, solo, vegetação, clima e recursos hídricos) resultará no comprometimento da funcionalidade do sistema, que de forma natural, tenderá ao desequilíbrio. A fragilidade ambiental pode ser entendida, portanto, como a suscetibilidade do ambiente de sofrer intervenções ou de ser alterado. Segundo os autores, quando o estado de equilíbrio dinâmico é rompido, o sistema pode entrar em colapso, passando então para uma situação de risco. A desestabilização do meio ou do sistema pode ter como indutores tanto processos naturais quanto antrópicos.

Desta forma, o emprego do estudo de fragilidade ambiental apresenta-se como importante instrumento na identificação dos impactos sobre o ambiente. Por meio dos resultados podem ser reconhecidas áreas que evidenciem maior ou menor vulnerabilidade (OLIVEIRA *et al.*, 2008).

Dado o exposto, o conhecimento da fragilidade representa um papel fundamental para o planejamento ambiental. À medida que os elementos físicos e sociais são analisados de forma sistêmica, obtêm-se o conhecimento de áreas com maior ou menor potencial a desestabilização. A definição e o conhecimento dessas áreas ajudam a definir diretrizes e ações que devem ser implementadas no espaço físico territorial (GRISA, 2014).

De forma semelhante, Ross (1994) salienta que a fragilidade é uma ferramenta que proporciona orientação para gestão do território e elaboração do Zoneamento Ecológico Econômico, constituindo instrumento de planejamento do uso do solo para melhor gestão das atividades, visando desenvolvimento sustentável e equilíbrio do meio ambiente.

Kawakubo *et al.* (2005) versam sob essa perspectiva, onde o estudo de fragilidade ambiental constitui-se em uma das principais ferramentas utilizadas pelos órgãos públicos na elaboração do planejamento territorial ambiental. O mapeamento da fragilidade ambiental permite avaliar as potencialidades do meio ambiente de forma integrada, considerando sempre as características naturais com as respectivas restrições.

Como procedimento para o estudo de fragilidade ambiental, Ross (1994) propôs uma metodologia responsável por definir as unidades de fragilidade em potencial e emergente, classificando-as em cinco níveis hierárquicos, que variam em muito baixa, baixa, média, forte e muito forte.

As unidades de fragilidade potencial estão associadas à fragilidade natural do ambiente, que embora estejam em equilíbrio, possuem instabilidade potencial face às modificações provocadas pelas atividades humanas. Nesta são consideradas o relevo e/ou declividade das encostas, bem como o tipo do solo. Já a fragilidade emergente, além de considerar os elementos naturais (relevo/declividade e solo) considera também a forma como o homem se apropria do meio ambiente, o uso e a ocupação. Cabe destacar, ainda, que as aplicações de fragilidade também

incluem a precipitação bem como o substrato rochoso. No entanto, em muitos casos, os mesmos não são analisados devido ao tamanho da área de estudo.

Grisa (2014) discorre que por muitos anos a identificação das fragilidades eram realizadas *in loco*, com a presença dos pesquisadores coletando as informações. Todavia, as técnicas de geoprocessamento vêm ganhando força nos estudos ambientais, como exemplo para o mapeamento da fragilidade potencial e emergente. O emprego de Sistema de Informação Geográfica (SIG) contribui para eficácia do trabalho e melhor representação do fenômeno estudado. Contudo, o seu uso não descarta o trabalho de campo. A atividade de campo complementa o trabalho realizado por meio do geoprocessamento.

Desta forma, esta pesquisa objetiva identificar e apresentar os resultados da aplicação do estudo de fragilidade potencial e emergente para a bacia hidrográfica do rio das Antas, noroeste do Estado do Paraná.

2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio das Antas está localizada na porção noroeste do Estado do Paraná (PR), possui área aproximada de 1.170 km². O curso hídrico principal percorre, ao longo da bacia aproximadamente 90 km desde a nascente até a foz no rio Ivaí (Figura 1). A unidade hidrográfica perpassa por seis municípios, Tapira, Nova Olímpia, Cruzeiro do Oeste, Umuarama, Douradina e Maria Helena.

A área de estudo localiza-se no Terceiro Planalto Paranaense, conforme definição apresentada por Maack (2012), que delimitou o estado do Paraná em regiões naturais. De forma geral possui relevo com média e baixa dissecação e vertentes retilíneas e convexas. Segundo MINEROPAR (2006), a área ainda pode ser classificada em uma subunidade morfoescultural denominada de Planalto de Campo Mourão.

A bacia hidrográfica é composta geologicamente por arenitos da Formação Caiuá, formados em posteriormente aos últimos derrames de lava vulcânica, e está presente na porção noroeste do estado do Paraná (MAACK, 2012; MINEROPAR, 2001).

Jabur e Santos (1984) salientam que a Formação Caiuá se divide em duas fácies distintas: Fácies Porto Rico (ciclo de sedimentação eólica) e Fácies Mamborê (geneticamente ligadas ao ambiente fluvio-lacustre).

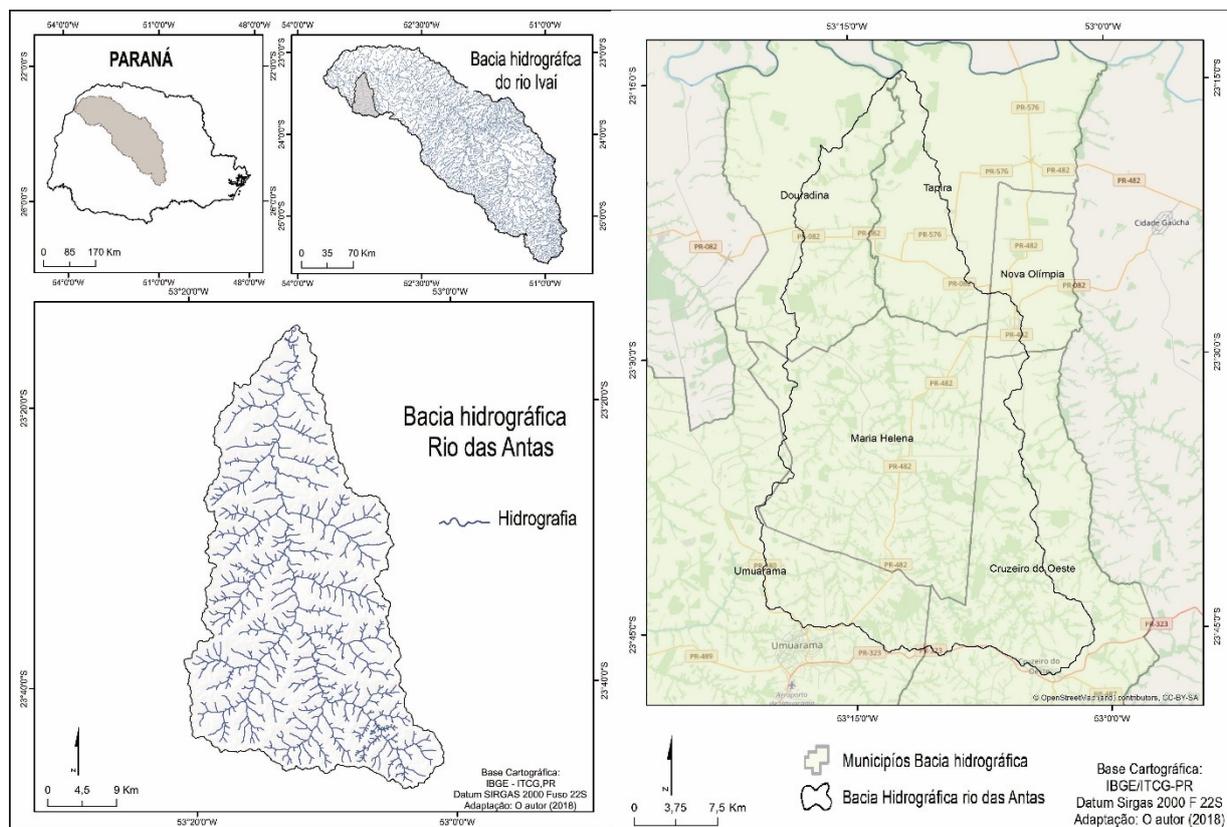


Figura 01 - Localização da bacia hidrográfica do rio das Antas.

Fonte: Os autores, 2018.

A cobertura pedológica proveniente das rochas da Formação Caiuá é, em sua maioria, composta por solos de textura arenosa/média. Os solos encontrados na área de estudo foram classificados pela EMBRAPA (2018) como: Latossolos Vermelhos; Argissolos Vermelhos e Neossolos Flúvicos. A classe de solos que apresentou maior ocorrência na área de estudo foi a dos Argissolos. Os Latossolos apresentaram maior ocorrência à montante da bacia hidrográfica, localizados nos topos dos interflúvios. Por fim, têm-se a ocorrência dos Neossolos Flúvicos, presentes nas margens do rio das Antas, situados em relevo plano, associado à área de planície.

Quanto às condições climáticas, a bacia está condicionada ao clima subtropical úmido mesotérmico, com predominância dos tipos climáticos Cfa e Cwa e, em menor proporção, próximo a foz com o rio Ivaí, o tipo Cfb. Os verões são bem definidos e com temperaturas médias no mês mais quente superiores a 22°C, com precipitações aproximadas de 1500 a 1700 mm, sem a presença de estação seca. Os invernos geralmente são marcados pela queda nos valores de precipitação, enquanto no verão as precipitações são mais frequentes (KÖPPEN, 1948; IBGE, 1978; MAACK, 2012).

Com relação à formação fitogeográfica, a área de estudo originalmente está sob o domínio da Floresta Estacional Semidecidual, possuindo como características a perda parcial das folhas em condições desfavoráveis (RODERJAN *et al.*, 2002). É importante destacar que a mesma se encontra praticamente inexistente, limitando-se às áreas de fundo de vale e nos fragmentos legais.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Quanto aos procedimentos específicos para o estudo da fragilidade potencial e emergente, foram analisados a relação entre as classes de declividade/solo/uso e ocupação da terra. A base cartográfica para a elaboração da carta de declividade foi obtida através de dados de imagem SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) com resolução de 30 metros.

Para a análise da declividade da bacia hidrográfica foi aplicada a ferramenta *Slope* no *software ArcGis 10.3*, utilizando-se os limites de declividade propostos por Ross (1994): 0 a 3%, 3 a 6%, 6 a 12%, 12 a 20% e > 20% (figura 02).

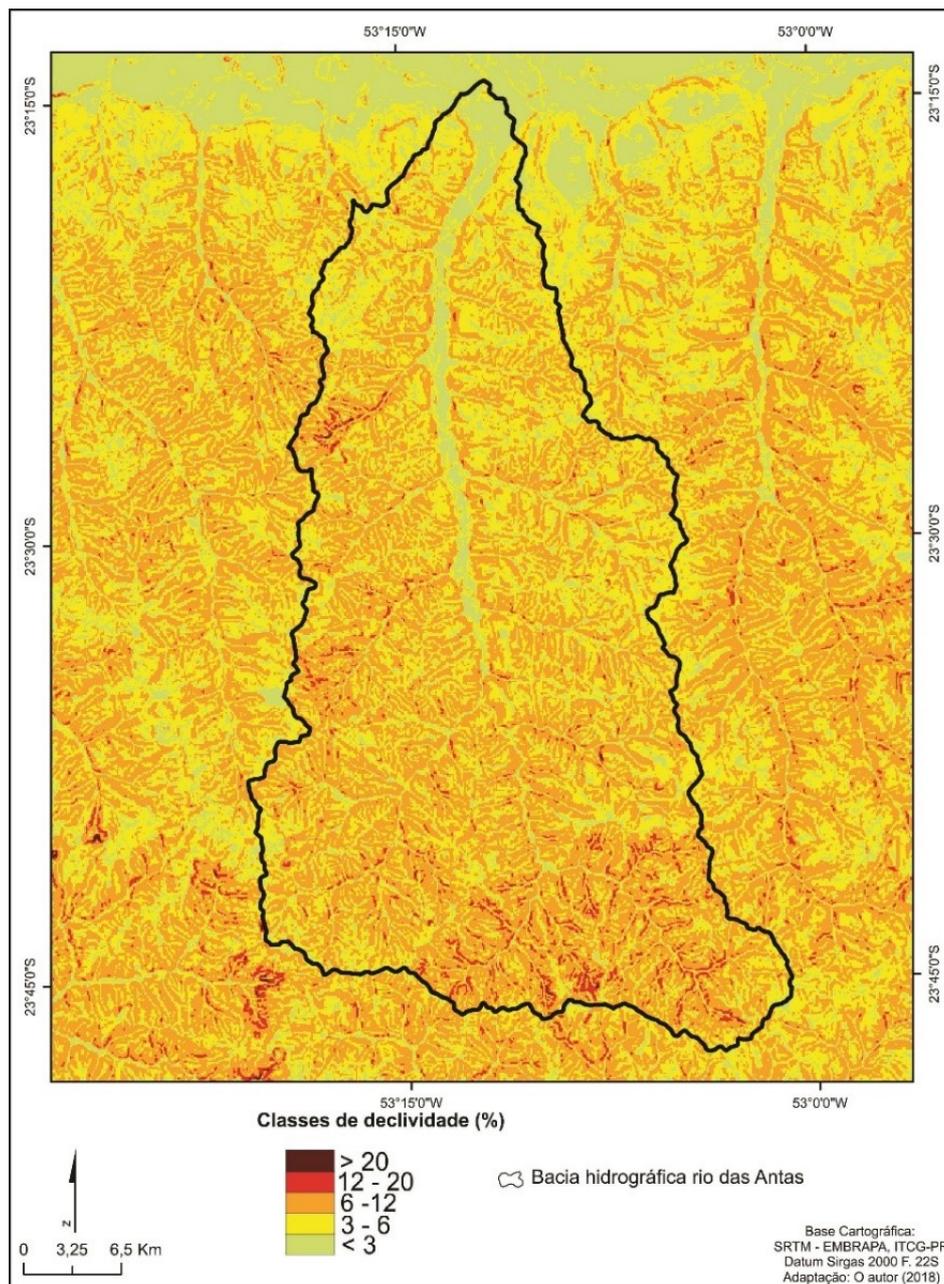


Figura 02 - Classes de declividade da bacia hidrográfica do rio das Antas, PR.

Fonte: Os autores, 2018.

Quanto as informações dos solos (Figura 03), as bases foram obtidas nos levantamentos já existentes da EMBRAPA (2008), disponibilizados em formato digital do tipo *shapefile* no sítio eletrônico do Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG), em escala de 1:250.000. As adaptações do arquivo digital para a elaboração do mapa foram realizadas utilizando o *software Qgis 2.6.1*, e posteriormente finalizadas no *ArcGis 10.3* e no *Corel Draw X8*. Para a validação dos dados, foram realizados trabalhos de campo.

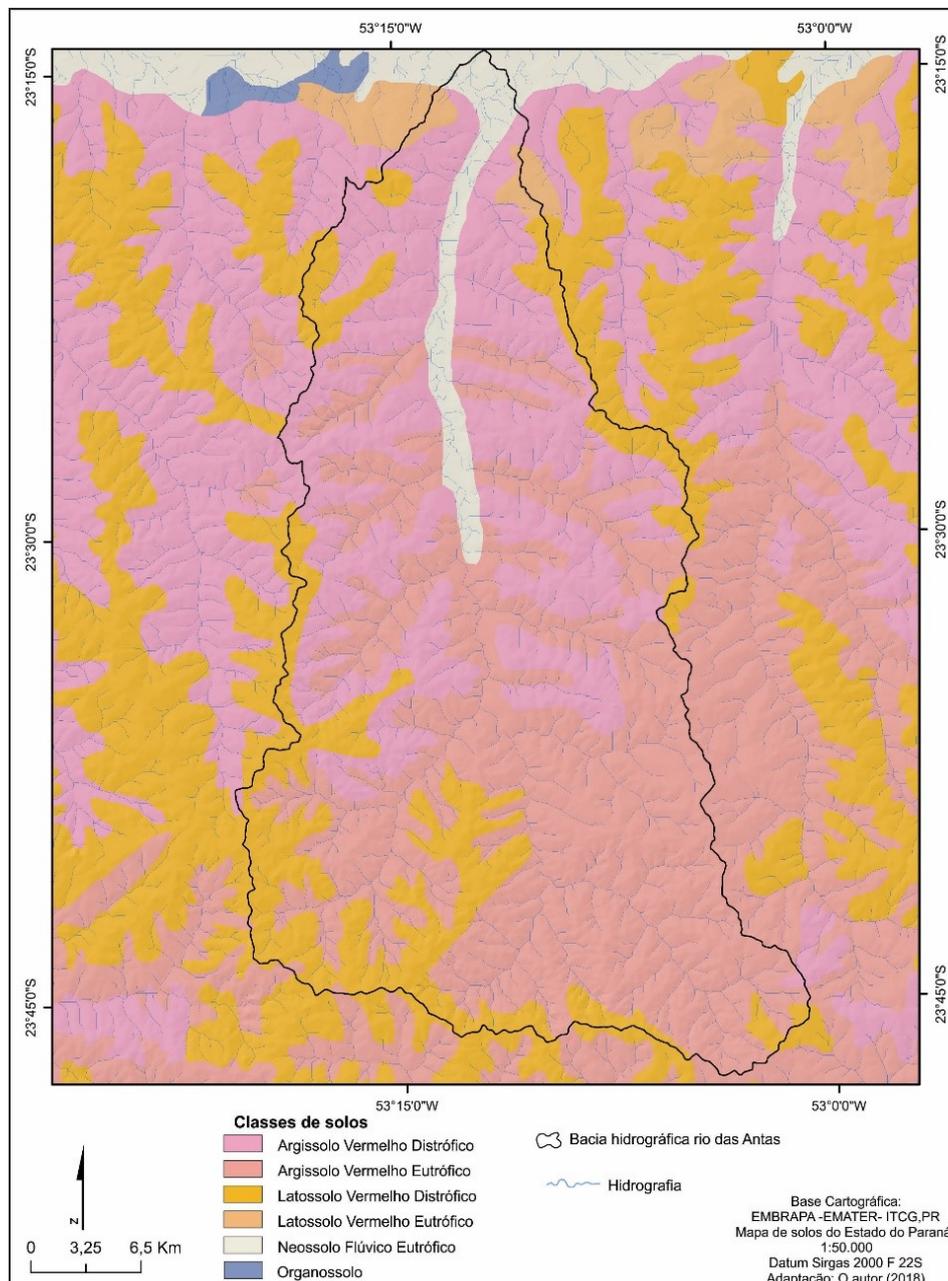


Figura 03 - Mapa de classes de solos da bacia hidrográfica do rio das Antas, PR.

Fonte: Os autores, 2018.

A carta de uso e ocupação da terra foi representada com base na imagem de satélite *Landsat 8*, por meio do sensor OLI, com órbita e ponto correspondente a 223 e 76. A imagem possui data de passagem em 22/05/2018, e foi obtida através do sítio eletrônico do *U.S Geological*

Survey (GLOVIS, 2018). Como parte do processo de elaboração da carta de uso da terra, após o tratamento da imagem e recorte da área de estudo, foram identificadas diferentes formas de uso e ocupação presentes na bacia hidrográfica, na qual foram posteriormente coletados múltiplos pontos de amostragem para a realização da classificação supervisionada. O trabalho de campo também foi realizado anteriormente à elaboração do mapa para o melhor conhecimento dos usos presentes na bacia. A carta em questão foi elaborada no *software ArcGis 10.3*.

As classes encontradas foram: áreas urbanas; cultivos permanentes; cultivos temporários; pastagens; silviculturas; vegetação densa e ou mata ciliar; solo exposto (figura 04).

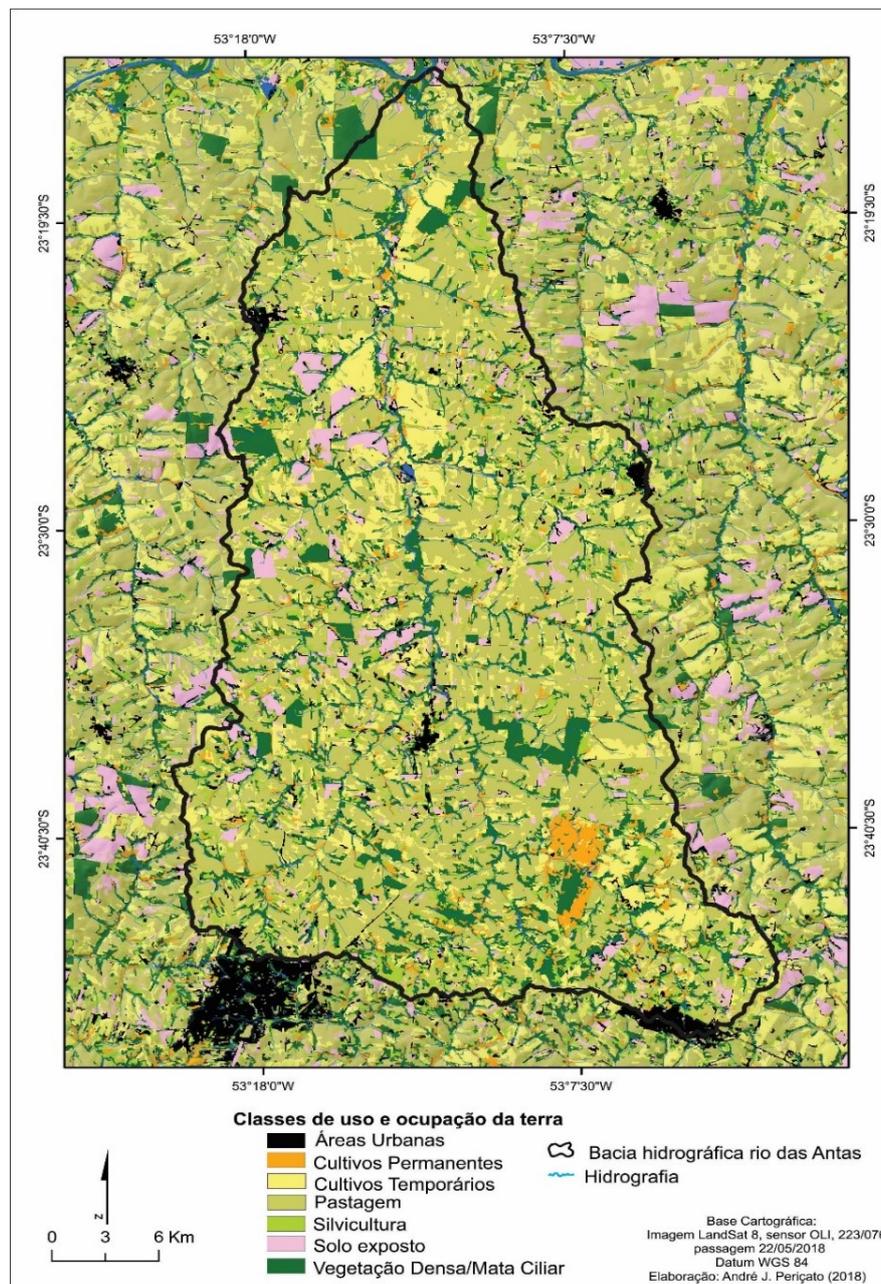


Figura 04 - Mapa das classes de uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do rio das Antas, PR.
Fonte: Os autores, 2018.

Em relação à elaboração do mapa de fragilidade, seguiu-se os princípios metodológicos da proposta de Bonifácio (2013). A figura 05 apresenta, em forma de organograma, as etapas do mapeamento da fragilidade potencial e emergente.

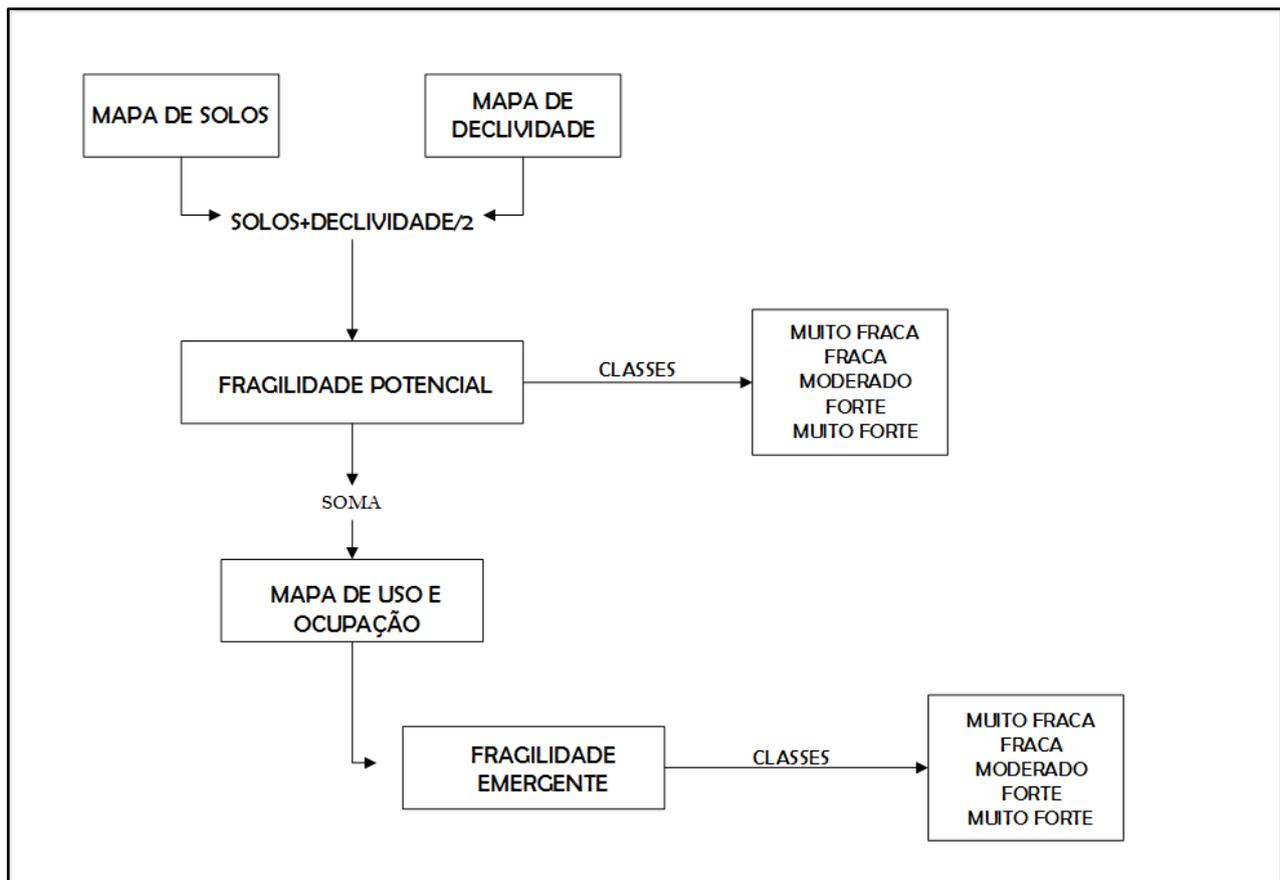


Figura 05 - Esquema metodológico para mapeamento das fragilidades.

Fonte: Bonifácio (2013, p.86).

A proposta apresentada por Bonifácio (2013) considera o solo e suas características como elementos definidores da classe de fragilidade potencial. Dessa forma, a declividade passou a ser o elemento que hierarquiza o grau de fragilidade dentro da classe.

Justifica-se a escolha da autora, em considerar o solo como elemento definidor da fragilidade potencial por configurar-se como possuidor de um nível de integração maior dos elementos constituintes do ambiente físico ao longo do tempo, assumindo um papel de destaque na indicação da fragilidade. Destaca-se ainda o papel da textura do solo como elemento que influencia na erodibilidade, tendo em vista que os diferentes percentuais das partículas areia, silte e argila no solo resultam em diferentes graus de resistência à desagregação por ação da água da chuva.

Para a determinação da fragilidade potencial, propõe-se a adoção de pesos para as classes de declividades e solos. Desta forma, a classificação da fragilidade potencial é obtida por meio da soma dos pesos dos elementos (solo + declividade) e da média aritmética resultante, podendo ser muito fraca, fraca, moderada, forte e muito forte. Na figura 06 são apresentadas as classes de solos

e, os valores correspondentes ao grau de fragilidade de cada solo. Na área de estudo foram utilizados os pesos (classes) 1, 2, 4, e 5.

Classe	Solos
1	Latossolo Vermelho Férrico, Latossolo Vermelho textura argilosa
2	Latossolo Vermelho textura média
3	Nitossolo Vermelho textura argilosa
4	Argissolo Vermelho textura arenosa/média, Argissolo Vermelho abrupto textura arenosa/média
5	Neossolos – Gleissolos

Figura 06 - Grau de fragilidade de cada solo.
Fonte: Ross (1994, p.68).

Quanto às classes de declividade, foram distribuídas conforme a figura 07. Para a bacia hidrográfica foram utilizadas as classes 1, 2, 3 e 4. A última classe corresponde a declividades superiores a 30%, não encontradas na bacia do Rio das Antas.

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

Figura 07 - Grau de fragilidade das classes de declividade.
Fonte: Ross (1994, p.66).

Desta forma, a fragilidade potencial será o resultado da média obtida entre a soma das classes de solo e declividade. As categorias são: muito fraca, fraca, moderada, forte e muito forte (figura 08).

Para a obtenção da fragilidade emergente é considerada a carta de fragilidade potencial mais a soma da carta de uso e ocupação da terra. Porém, foram atribuídos pesos a cada tipo de uso e ocupação da terra (quadro 1). Na metodologia proposta por Bonifácio (2013) foram atribuídos pesos somente na classe de uso com mata, pastagens e culturas em geral, sem distinguir as formas de uso.

No entanto, no presente trabalho foram realizados ajustes quantos aos pesos e usos, considerando desta forma que há diferenças de pesos quando comparados, por exemplo, um cultivo de laranja e um cultivo de mandioca e/ou cana-de-açúcar. Os critérios para os ajustes foram considerados inicialmente os mesmos utilizados pela autora, resultando nos seguintes pesos: zero para mata, meio para a pastagem e um para culturas. Contudo, optou-se por acrescentar classes relativas aos usos e diferenciar os valores das culturas, afim de se ter um maior detalhamento e maior resposta no tocante às condições de ocupação e uso da terra. A escolha dos pesos se fundamenta em estudos realizados na região, avaliando o papel de cada tipo de recobrimento e seus efeitos na superfície (ROSS,1994; NAKASHIMA, 1999; FREIRE, 2013).

Tipo de solo	Classe de declividade	Soma	Média	Categoria
1	1	2	1,0	Muito Fraca
1	2	3	1,5	Fraca
1	3	4	2,0	
1	4	5	2,5	Moderada
1	5	6	3,0	
2	1	3	1,5	Fraca
2	2	4	2,0	
2	3	5	2,5	Moderada
2	4	6	3,0	
2	5	7	3,5	Forte
3	1	4	2,0	Fraca
3	2	5	2,5	Moderada
3	3	6	3,0	
3	4	7	3,5	Forte
3	5	8	4,0	
4	1	5	2,5	Moderada
4	2	6	3,0	
4	3	7	3,5	
4	4	8	4,0	Forte
4	5	9	4,5	
5	1	6	3,0	Moderada
5	2	7	3,5	Forte
5	3	8	4,0	
5	4	9	4,5	Muito Forte
5	5	10	5,0	

Figura 08 - Classificação da fragilidade potencial.

Fonte: Bonifácio (2013, p.84).

Quadro 1 -Classificação do uso e ocupação da terra e seus pesos.

Uso e ocupação da terra	Pesos
Áreas urbanas	0,5
Culturas permanentes	1
Culturas temporárias	1,5
Pastagens	0,5
Silvicultura	0,5
Solo exposto	1,5
Vegetação densa	0

Fonte: Os autores, 2018.

É importante ressaltar que as informações relacionadas ao clima, em especial as precipitações, também constituem um fator de grande relevância para a análise da fragilidade potencial e emergente, ao passo que exercem um papel ativo na desestabilização do meio ambiente. No entanto, esta variável não foi correlacionada com as demais em função do caráter local da área de estudo estar inserida totalmente em um mesmo contexto de distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março (SPORL, 2001).

Junto à produção cartográfica da fragilidade potencial, serão apresentadas, de forma pontual, os processos erosivos mais representativos na bacia hidrográfica do Rio das Antas. A identificação dos processos erosivos foi realizada com auxílio do *Google Earth* em escala de 1.5000, levando-se em conta apenas a ocorrência, isentando-se a consideração dos estágios em que se encontravam.

4. RESULTADOS

O estudo da fragilidade potencial e emergente apresenta-se como importante ferramenta de diagnóstico no planejamento ambiental. A fragilidade potencial caracteriza-se por ser natural do ambiente, identificada a partir da relação entre as classes de solos e os valores de declividade. Desta forma, o tipo do solo associado a um relevo com maior ou menor declividade poderá apresentar diferentes graus de fragilidade.

Por meio do mapa de fragilidade potencial, observa-se a relação da espacialização das classes de declividade com as classes de solos, com exceção dos locais onde foram apresentados os maiores valores de declividade.

Para a área de estudo, a fragilidade potencial foi classificada da seguinte forma: muito fraca, fraca, moderada e forte, conforme figura 09.

O quadro 2 apresenta as porcentagens de cada classe de fragilidade na área de estudo. Nota-se a predominância da classe moderada com 82%. Ela se estende por todo setor a montante da bacia, abrangendo também o setor médio e o baixo curso da bacia hidrográfica. A classe moderada

está sob a presença sobretudo dos Argissolos, considerados solos suscetíveis aos processos erosivos.

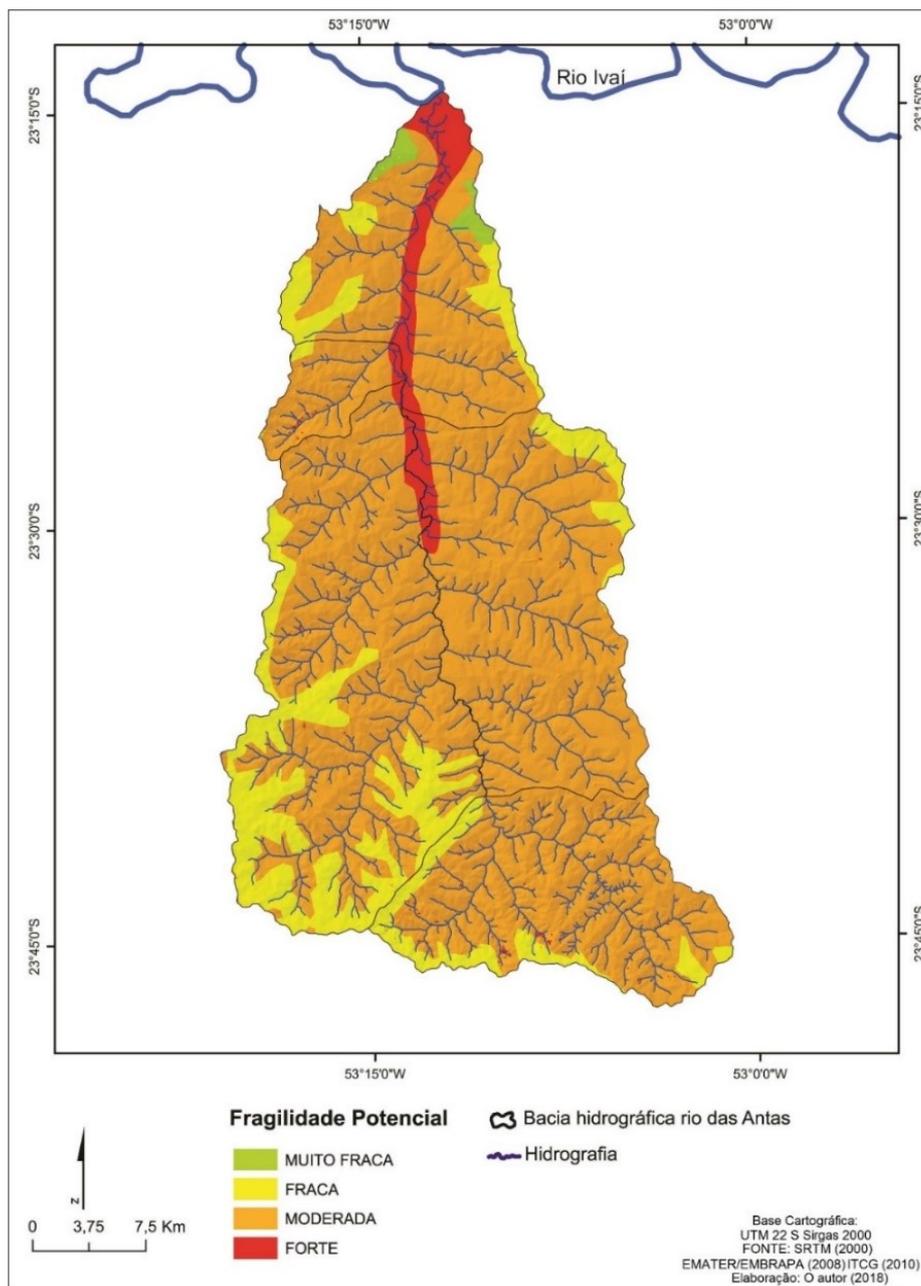


Figura 09 - Mapa de fragilidade potencial da bacia hidrográfica do rio das Antas, PR.
Fonte: Os autores, 2018.

Diversos estudos versam sobre a suscetibilidade aos processos erosivos dos Argissolos em função da diferença textural entre os horizontes A, E e Bt (FASSOLO, et. al., 1988; CARVALHO, 1994; CUNHA *et al.*, 2008; MEDEIROS *et al.*, 2018). Os Neossolos Flúvicos são solos muito suscetíveis à erosão devido ao alto teor da fração areia, tornando o solo muito friável e sem estrutura, favorecendo a ocorrência dos processos erosivos (PRADO; NOBREGA, 2005; CAETANO, 2006. SOUZA; GASPARETTO, 2012; EMBRAPA, 2018).

Quadro 2 - Quantificação da fragilidade potencial.

FRAGILIDADE POTENCIAL		
Classe	Área	
	Km ²	%
Muito fraca	8,01	0,7
Fraca	161,41	13,3
Moderada	961,92	82,0
Forte	47,3	4,0

Fonte: Os autores, 2018.

A classe de fragilidade potencial fraca, ocorreu em 13,3 % da área de estudo, representando aproximadamente 185 km² de extensão. A classe fraca está associada aos setores mais elevados da bacia hidrográfica ocorrendo em áreas com menores declividades. Os solos encontrados foram os Latossolos Vermelhos de textura média, sobretudo nos setores mais elevados da bacia hidrográfica, próximo aos interflúvios. De modo geral, os Latossolos são bem profundos e drenados, e estão condicionados a localidades com baixa declividade.

A classe de fragilidade muito fraca apresentou cerca de 0,7% da área de estudo. Possui uma extensão média de aproximadamente 9,04 km². A sua ocorrência associou-se à presença dos Latossolos Vermelhos de textura argilosa. Os solos de textura argilosa são menos suscetíveis aos processos erosivos quando comparados aos solos de textura média. Deste modo, a associação deste solo com a baixa declividade resultou numa baixa fragilidade potencial.

A classe forte de fragilidade ocorreu em 4% da área total da bacia nas localidades com Argissolos e declividades superiores a 20%, geralmente relacionadas às áreas de cabeceiras de drenagem, com canais de primeira ordem mais encaixados e relevo geralmente mais dissecado. Outra característica passível de verificação nas áreas em que estão presentes os Neossolos Flúvicos na planície do rio das Antas, é o fato de terem sido classificadas como lócus de fragilidade forte em decorrência de se encontrarem em áreas altamente suscetíveis.

Quanto a fragilidade emergente (figura 10), a mesma consiste no resultado da relação entre a fragilidade potencial acima apresentada somado ao uso e ocupação da terra.

O mapa de fragilidade emergente sintetiza e representa as áreas em que o uso da terra potencializa ou não a fragilidade natural do ambiente, face as condições do solo e declividade.

Ao analisar o mapa de fragilidade emergente é possível notar a presença de quatro classes de fragilidade: muito fraca, fraca, moderada e forte. O quadro 03 permite observar a porcentagem da fragilidade em cada classe para a área de estudo.

A classe de menor fragilidade emergente (muito fraca) se estabelece preponderantemente nas áreas cobertas por vegetação densa e áreas com presença de pastagens. O relevo nesta classe é representado por baixa declividade associada aos Latossolos.

A classe de fragilidade emergente fraca foi a que obteve o maior percentual na bacia hidrográfica, com aproximadamente 56%. Esta classe compreende as áreas com declividades predominantemente médias e fracas, somado ao uso de pastagens.

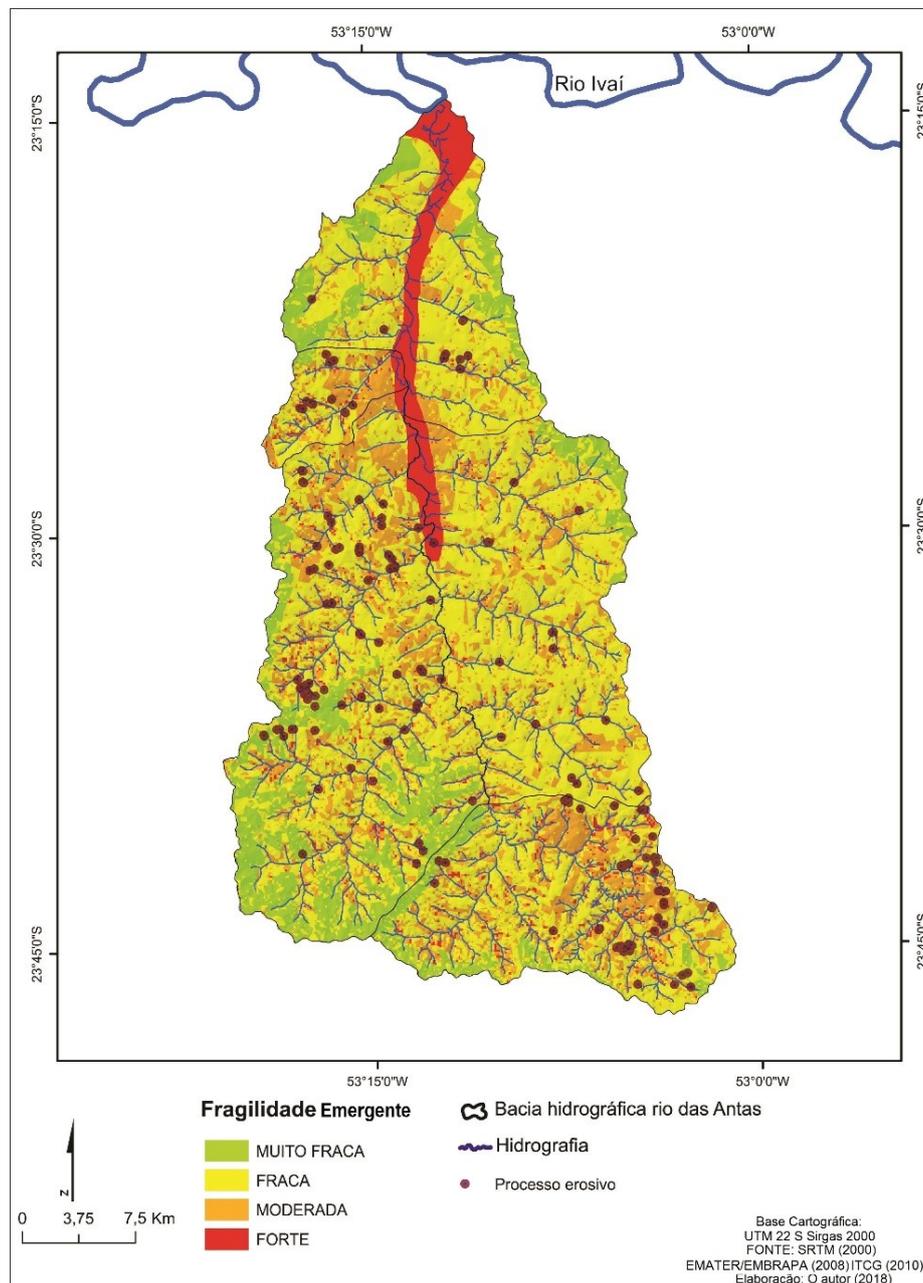


Figura 10 - Mapa de fragilidade emergente e dos processos erosivos da bacia hidrográfica do rio das Antas, PR
Fonte: Os autores, 2018.

A classe moderada, com aproximadamente 25% da área da bacia, foi representada pelas declividades médias associadas às áreas com presença de solo exposto e culturas temporárias, por fim, com menor proporção, contudo, com maior peso negativo, tem-se as áreas que foram classificadas com forte fragilidade emergente (5,8 %). Esta classe é caracterizada pela ausência de vegetação associada a altas declividades e/ou a presença dos Neossolos Flúvicos.

Quadro 03. Quantificação da fragilidade emergente.

FRAGILIDADE EMERGENTE		
Classe	Área	
	Km ²	%
Muito fraca	143,93	12,3
Fraca	667,98	56,9
Moderada	295,89	25,2
Forte	63,11	5,8

Fonte: Os autores, 2018.

Na carta de fragilidade emergente foram também espacializados, de forma pontual, os processos erosivos encontrados na bacia hidrográfica. A identificação dos processos erosivos, foi realizada por meio de imagem de satélite do *Google Earth*.

Assim sendo, foi possível observar a relação dos processos erosivos com a carta de fragilidade emergente. Visualmente é notório que as localidades que as classificadas como fragilidade moderada e forte foram as que apresentaram a ocorrência dos processos erosivos. A presença dos processos erosivos na bacia foi observada, principalmente, nos setores mais declivosos de cabeceira de drenagem, associados, sobretudo, às áreas com solo exposto.

Foi possível também observar a relação da ocorrência dos processos erosivos com as formas de uso e ocupação. Além da presença significativa de ocorrências ligados aos setores mais dissecados e de cabeceira de drenagem, os processos erosivos foram mais visíveis nas áreas com presença das culturas temporárias, sobretudo a cana-de-açúcar e mandioca. As áreas com pastagens também apresentaram processos erosivos, porém em menor proporção.

De modo geral, por meio do estudo das fragilidades potencial e emergente para a bacia hidrográfica do Rio das Antas, pode-se observar a ocorrência de inversão entre as classes fraca e moderada. A classe fraca apresentou aumento, saindo de 13,3 % (potencial) para 56,9% (potencial), enquanto a classe moderada apresentou percentual de redução, saindo de 82% (potencial) para 25,2% (emergente). Para área de ocorrência da classe muito fraca, houve aumento de 0,7% para 12,3%. Apenas a classe forte apresentou resultado negativo, ocorrendo em aumento da área em porcentagem de 4,0 para 5,8%.

Quando analisado de forma geral a bacia hidrográfica do rio das Antas, percebe-se que ocorreu uma melhora nos valores de fragilidade potencial para emergente. Evidencia-se que a bacia do rio das Antas apresenta certa fragilidade natural associada aos solos e declividade, e que quando empregados os usos presentes na bacia, ocorre diminuição dos valores de fragilidade. Deste modo, é possível afirmar que as formas de uso e ocupação de forma geral estão contribuindo com a qualidade ambiental na bacia hidrográfica.

Em estudo realizado por Carvalho (1994), as pastagens são consideradas bons usos no controle e proteção do solo contra a erosão, somado à cobertura constante ao longo do ano (PRADO e NÓBREGA, 2005). Porém, diversas pesquisas apontam que áreas com pastagens, quando mal manejadas e sob declividades superiores a 8%, podem ser tão suscetíveis a erosão quanto as com o cultivo de outras culturas. O pisoteio do gado contribui para a compactação dos horizontes superficiais do solo, provocando a diminuição da porosidade, bem como o aumento da resistência à penetração e a diminuição dos valores de infiltração, favorecendo também o escoamento superficial e a ocorrência dos processos erosivos nos horizontes superficiais (CENTURION *et al.* 2001; PRADO e NÓBREGA, 2005; NETTO *et al.*, 2009; MARCATTO, 2016; MEDEIROS *et al.*, 2018).

Portanto, embora as pastagens tenham se apresentado como elemento positivo na diminuição da fragilidade emergente, deve-se procurar sempre a opção por manejos adequados e corretos, seja em áreas de pastagem ou culturas (temporárias/permanentes).

Contudo, cabe destacar que o presente diagnóstico reflete a atual forma de uso e ocupação da terra. Os dados da Secretária de Abastecimento Público, em conjunto com as observações feitas em campo, permitiram observar que a bacia hidrográfica do Rio das Antas está sofrendo constantes mudanças nas formas de uso e ocupação ao longo dos últimos anos. Essas transformações estão normalmente associadas à supressão das áreas com pastagens para o plantio de culturas temporárias, sendo elas a mandioca e/ou cana-de-açúcar.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos de caráter ambiental possuem grande importância para sociedade, principalmente no crescente uso dos recursos naturais, muitas vezes de forma indiscriminada, potencializando a desestabilização do sistema natural. Portanto, o presente artigo contribui para atenção a essa desestabilização provocada ou intensificada pelas ações antrópicas no meio ambiente.

Para tanto, os estudos que se utilizam da bacia hidrográfica como seu objeto de análise permitem que sejam realizadas interpretações de desenvolvimento e planejamento ambiental sob ótica da análise integrada, avaliando tanto condições naturais quanto as inseridas pelo homem.

A elaboração e análise das cartas de fragilidade potencial e emergente permitiu verificar que a maior fragilidade ocorreu nas áreas com maior dissecação, sobretudo em cabeceiras de drenagem, onde as vertentes são menos extensas e há maior densidade de drenagem.

A análise da fragilidade possibilitou ainda observar que, embora a bacia hidrográfica apresente susceptibilidade natural aos processos erosivos, em função dos solos arenosos de textura média, somado às áreas mais dissecadas, a fragilidade emergente expressou um ponto positivo neste

aspecto. As formas de uso e ocupação da terra, de forma geral, estão contribuindo para melhora desta susceptibilidade natural, sobretudo nas áreas declivosas com o uso de mata e/ou pastagens.

Sendo assim, os resultados obtidos poderão auxiliar nas pesquisas em desenvolvimento no sítio paleontológico situado nas cabeceiras de drenagem no município de Cruzeiro do Oeste, e em estudos mais amplos que se utilizam do zoneamento ambiental para o planejamento ambiental, sendo passível de utilização, sobretudo, por parte do poder público, tendo em vista a capacidade de identificar limitações e potencialidades das áreas em estudo.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de Mestrado junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, PR. Período de vigência de 2017 a 2018.

REFERÊNCIAS

BONIFÁCIO, C. **Avaliação da fragilidade ambiental em bacias hidrográficas do alto vale do rio Pirapó, norte do Paraná: Proposta metodológica**. 2013. 112 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.

CAETANO, J. O. **Caracterização de atributos químicos e físicos de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes tempos de cultivo de soja e milho**. 2016, 159 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Agronomia, Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2006

CARVALHO, A. P. Solos do arenito Caiuá. In: PEREIRA, V. P.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. **Solos altamente suscetíveis à erosão**. Jaboticabal: UNESP/SBCS, p. 39-50, 1994.

CENTURION, J. F.; CARDOSO, J. P.; NATALE, W. Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 254-258, 2001.

CUNHA, J. E.; NÓBREGA, M. T.; CASTRO, S. S. Infiltração da água no solo no sistema pedológico campus do arenito, Cidade Gaúcha, Noroeste do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1837-1848, 2008.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5.ed. Brasília: EMBRAPA, 2018. 590p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Mapa de Solos do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos e Florestas, 2008.

FASOLO, P. J.; CARDOSO, A.; HOCHMÜLLER, D. P.; RAUEN, M. J. & PÖTTER, R.O. **Erosão - Inventário de áreas críticas no Noroeste do Paraná**. 1. ed. Londrina. IAPAR, 1988. 20p. (Boletim Técnico n. 23)

FREIRE, R. **Estudo do comportamento hidrológico superficial, erosão do solo e análise potencial de poluição difusa da bacia hidrográfica do ribeirão Maringá – PR.** 2013. 203 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.

GRISA, K. T. **Mapeamento da fragilidade potencial do alto curso da bacia hidrográfica do rio Cotegipe PR.** 2014, 67f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2014.

IBGE. **Mapa Brasil Climas.** Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 1978.

JABUR, I. C.; SANTOS, M. L. Revisão estratigráfica da Formação Caiuá. **Boletim de Geografia**, v. 2, n. 2, p. 91-106, 1984.

KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; CAMPOS, K. C.; LUCHUARI, A.; ROSS, J. L. S. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBSR, 2005. P. 2203-2210.

KÖPPEN, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la tierra.** 1. ed. México: Fondo de Cultura Económica. 1948. 479p.

NAKASHIMA, M. R. **Análise dos processos erosivos e da fragilidade ambiental na bacia do Keller – PR.** 1991. 216 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná.** 4. ed. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2012, 526p.

MARCATTO, F. S. **O efeito do uso e manejo nas propriedades físicas e hídricas dos solos da bacia hidrográfica do rio Pirapó-Pr.** 2016. 103 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016.

MEDEIROS, F. B.; MARCATTO, F. S.; SILVEIRA, H.; NOBREGA, M. T. Avaliação da estabilidade de agregados e a vulnerabilidade à erosão ao longo de uma vertente no município de Araruna, região noroeste do Paraná-Brasil. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 28, n. 55, p. 845-862, 2018.

MINEROPAR. **Atlas Geológico do Estado do Paraná.** 2001. Minerais do Paraná, Curitiba. 2001, 125 p. CD ROM.

MINEROPAR. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná.** Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006, 63p.

NETTO, I. T. P.; KATO, E.; GOERDERT, W. J. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho Amarelo sob pastagem com diferentes históricos de uso. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5 p. 1441-1448, 2009.

OLIVEIRA, P. C. A.; RODRIGUES, G. S. S. C.; ROGRIGUES, S. C. Fragilidade ambiental e uso do solo da Bacia Hidrográfica do Córrego Pindaíba, Uberlândia, MG, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 3, n. 1, p. 54-67, 2008.

PRADO, J. P. B; NÓBREGA, M. T. Determinação de perdas de solo na bacia hidrográfica do córrego Ipiranga em Cidade Gaúcha, Estado do Paraná, com aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). **Acta Scientiarum Technology**, v. 27 n. 1, p. 33-42, 2005.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná, Brasil. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 1, n. 24, p. 75-92, 2002.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia FFLCH-USP**, São Paulo, n. 8, p. 63-74, 1994.

SOUZA, V.; GASPARETTO, N. V. L. Aplicação da equação universal de perda de solo (EUPS) na bacia do córrego Pinhalzinho segundo, noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n. 3, p. 267-278, 2012.

SPÖRL, 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** 2001. 165 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

SPORL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da Fragilidade Ambiental com Aplicação de Três Modelos. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, v. 15, p. 39-49, 2004.

Trabalho enviado em 25/03/2019

Trabalho aceito em 05/08/19