



CARACTERIZAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL POTENCIAL E EMERGENTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO PARAÍSO (SP).

Ronaldo Alberto Pollo¹, Bruno Timóteo Rodrigues², Lincoln Gehring Cardoso³ & Zacarias Xavier de Barros⁴

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo avaliar a Fragilidade Ambiental Potencial e Emergente da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso (SP), através da utilização de imagem de satélite LANDSAT 8 do ano de 2016 em ambiente SIG. Esta área tem grande importância por possuir suas principais nascentes à montante com participação de 67% no abastecimento para o consumo humano do município de São Manuel-SP, com o desenvolvimento de suas atividades econômicas voltadas à agricultura e pecuária. Utilizou-se a metodologia proposta por Ross (1994, 2012), onde definiu a fragilidade dos ambientes naturais e antropizados, com algumas adaptações diante da combinação de algumas variáveis ambientais, utilizando planos de informações como declividade, solo, cobertura e uso da terra. Baseados em 5 (cinco) diferentes níveis de capacidade desses ambientes em resistir à degradação, que respondem de diferentes maneiras às intervenções humanas, variaram de 1 a 5 ou seja, do mais fraco ao mais forte para declividades e solos (sendo: muito baixa à muito alta), ou do mais protegido para o menos protegido no caso da cobertura e uso da terra (sendo: muito alta à muito baixa). A análise integrada das variáveis utilizadas, mostraram além das potencialidades e limitações, importantes resultados sobre os ambientes naturais e antropizados, definindo áreas mais frágeis merecendo maior atenção e possibilitando uma orientação para um desenvolvimento sustentável e subsídios à gestão do território.

PALAVRAS-CHAVE: uso do solo, variáveis ambientais, espaço geográfico

THE CHARACTERIZATION OF THE POTENCIAL AND EMERGING ENVIRONMENTAL FRAGILITY IN THE WATERSHED OF RIBEIRÃO PARAÍSO (SP).

ABSTRACT: The present work had the objective of evaluating the Potential and Emergent Environmental Fragility of the watershed of Ribeirão Paraíso, using images of satellites LANDSAT 8 of the year 2016 in a software GIS. This area is of great importance because it has its main upstream springs with 67% participation in the supply for human consumption of the municipality of São Manuel-SP, with the development of its economic activities focused on agriculture and livestock. The methodology proposed by Ross (1994, 2012), where he defined the fragility of natural and anthropized environments, with some adaptations to combine some environmental variables, using information plans such as slope, soil, cover and land use. Based on five (5) different levels of ability of these environments to resist degradation, which respond differently to human interventions, ranged from 1 to 5, from weakest to strongest slopes and soils (being very low to very high), or from the most protected to the least protected in the case of land cover and use (being: very high to very low). The integrated analysis of the variables used showed besides the potentialities and limitations, showed too important results on the natural and anthropized environments, defining more fragile areas, needing more attention and allowing orientation for a sustainable development and subsidies to the territory management.

KEYWORDS: Land use, environmental variables, geographic space.

1 INTRODUÇÃO

A utilização dos recursos naturais tem se intensificado nos últimos anos em decorrência da expansão de áreas agrícolas e urbanas, na qual vem perturbando o ambiente acarretando desmatamentos, poluição de nascentes e

córregos, erosões e diminuição na produção e oferta de água (POLLO, 2017).

Segundo Ross (2012), toda ação humana nos ambientes natural ou modificado causará impactos e alterações em diversos graus de agressão, às vezes, levando o ambiente a processos irreversíveis.

¹ ² ³ ⁴ E-mails: rapollo@fca.unesp.br ; brunogta21@gmail.com ; cardosolg@fca.unesp.br ; zacariasxb@fca.unesp.br

Deste modo, as características ambientais deverão ser avaliadas de uma forma integrada, considerando suas

potencialidades e restrições através da fragilidade ambiental (TOMCZYK, 2011). E estas características possibilitarão como ele pode ser entendido e integrado, fornecendo assim, subsídios para uma melhor orientação na utilização dos recursos naturais, assegurando um menor impacto e o equilíbrio ambiental (POLLO, 2017).

Para Traficante (2016), a análise da fragilidade ambiental representou um importante instrumento para o planejamento ambiental, identificando vetores como subsídios para um plano de manejo adequado.

A obtenção de dados e a geração de informações sob a ação do homem na superfície terrestre tem sua grande contribuição apoiada nos Sistemas de Informação Geográficas, permitindo avaliar os danos causados pelo uso incorreto da terra, auxiliando nas medidas para a gestão ambiental (SILVA et al., 2014).

Uma ferramenta para a construção de um banco de dados no manejo de bacias hidrográficas são as geotecnologias, com destaque para os Sistemas de Informações Geográficas, que veio possibilitar a realização de uma abordagem integrada em relação ao ambiente (NICOLETE, 2015).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as Fragilidades Ambiental Potencial e Emergente da bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso-SP, sendo esta de grande importância por possuir nascentes que abastecem o município de São Manuel e grandes áreas utilizadas para agricultura e pecuária. Utilizando-se de um Sistema de Informações Geográficas, avaliou-se as particularidades de algumas variáveis ambientais como Declividade, Solos e Cobertura e Uso da terra e procurou-se compreender através das suas fragilidades e potencialidades as interações dinâmicas que atuam no sistema natural. Utilizou-se a proposta de Ross (1994, 2012), com algumas adaptações no qual utiliza-se a combinação destas variáveis em vários níveis de fragilidades natural e ambiental, que analisados de uma forma integrada, possibilitaram conhecer suas limitações visando a proteção ambiental.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso-SP, situa-se entre as coordenadas geográficas 48°32'49" à 48°40'32" de longitude W do meridiano de Greenwich e 22°31'44" à 22°47'03" de latitude S, abrangendo terras dos municípios de São Manuel e Areiópolis-SP, possuindo uma área de 18.684,86 hectares, (Figura 1), pertencendo a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRI-13) do Comitê de Bacias Hidrográficas Tietê/Jacaré, (SÃO PAULO 1991).

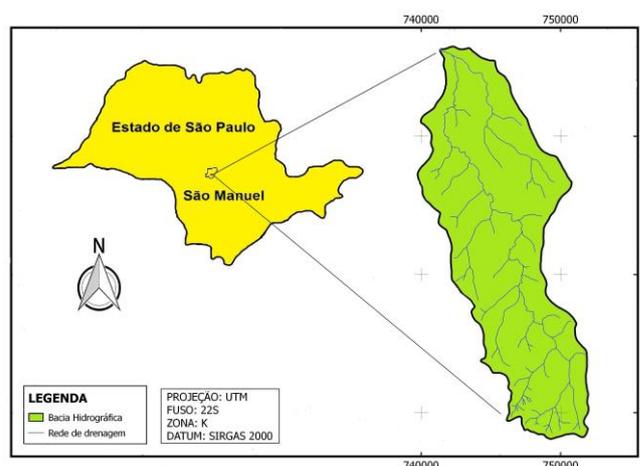


Figura 1- Bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso (SP).

2.1.1 Clima

O clima da região é do tipo Cwa conforme classificação de Köppen com três meses mais secos e frios (junho/julho/agosto), chuvas predominantes no verão, temperatura média anual de 20,8°C e precipitação média anual de 1464,8 mm, com altitude de 700 metros (CEPAGRI, 2015).

2.1.2 Solos

A ocorrência dos solos da região são do tipo Nitossolos Vermelhos Eutroféricos, Latossolos Vermelhos Eutroféricos e Distroféricos e Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos, segundo a descrição das classes registradas no mapa pedológico do estado de São Paulo, Oliveira et al. (1999), e suas cores padronizadas segundo IBGE (2007).

2.1.3 Bases Cartográficas e Imagem de Satélite

Foram utilizadas cartas planialtimétricas editadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em formato impresso e digital em escala 1:50.000 com equidistância de 20 metros entre as curvas de nível, onde a área de estudo está inserida nas Folhas: SF-22-Z-B-V-2 / São Manuel e SF-22-Z-B-V-4 / Pratânia, (IBGE, 1973, 2010), e uma imagem do sensor imageador Operational Land Imager (OLI) do satélite LANDSAT 8 de resolução espacial de 30 metros com passagem em 09/04/2016, (INPE, 2016).

2.1.4 Equipamentos e Aplicativos

Foi utilizado um scanner de grande formato da marca Colortrac Smart LF Ci 40, para a transferência das informações do modelo analógico para o banco de dados digital. O programa CartaLinx que realiza a estruturação e edição de dados vetoriais, Labgeo (2016) e o Sistema de Informações Geográficas IDRISI versão Selva, edição 17.0, Eastman (2012), para a rasterização das imagens e na aplicação de operações algébricas.

2.2 MÉTODOS

O limite da área de estudo foi realizado seguindo os pontos mais elevados (interflúvios) nas cartas planialtimétricas e importada através do scanner para o SIG-IDRISI, no qual foi realizado o georreferenciamento com base em pontos determinados (x, y) nas cartas planialtimétricas e em seguida exportado para o CartaLinx onde procedeu-se o processo de digitalização via tela do computador, do limite da área, da rede de drenagem e também das curvas de nível e por estarem em arquivo vetor, foram exportados para o IDRISI para a conversão em arquivo raster. No IDRISI, as curvas de nível foram utilizadas na obtenção do Modelo Digital do Terreno e a partir deste, foi elaborado o mapa de declividades da área

No Cartalinx seguindo o mesmo processo para o limite da área, as diferentes classes de solos foram digitalizados e elaborados os polígonos, os quais exportados para o IDRISI, foram determinadas as áreas de cada classe de solo encontrada na área de estudo.

Foram utilizadas as bandas 4, 3, 2 do satélite LANDSAT 8, as quais foram georreferenciadas no IDRISI, registrando sua posição definida por um sistema referencial em coordenadas conhecidas, sendo os pontos de controle obtido nas cartas do IBGE, –utilizou-se o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS 2000, fuso 22 S e posteriormente adicionou-se o limite da área de estudo vetorizada proveniente do CartaLinx. Exportado para o Cartalinx, iniciou-se sob composição colorida o processo de interpretação visual e digitalização via tela do computador, dos polígonos de cobertura e uso da terra. Algumas visitas a campo foram necessárias para a identificação de diversos usos e na eliminação da subjetividade.

Para a obtenção dos mapas de Fragilidade Ambiental Potencial e Emergente utilizou-se uma escala em cinco níveis segundo Ross (1994, 2012), com algumas adaptações (para declividade, solos e cobertura e uso da terra) de acordo com sua fragilidade tendo seus valores variando de 1 a 5, ou seja, do mais fraco ao mais forte para declividades e solos, ou do mais protegido para o menos protegido no caso da cobertura e uso da terra. Na categoria declividade/relevo, foram utilizados fatores hierarquizados de acordo com as classes de fragilidades (Quadro 1), variando de 1 a 5 sendo, muito baixa a muito alta.

Quadro 1- Classes de Fragilidade para as Declividades.

Classes de Fragilidade	Declividade (%)	Relevo
1- Muito Baixa	0 - 6	plano à suave ondulado
2 - Baixa	6 -12	suave ondulado à ondulado
3 - Média	12 - 20	ondulado à forte ondulado
4 - Alta	20 - 30	forte ondulado à montanhoso
5 - Muito Alta	> 30	escarpado

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Para a variável Solos, foram hierarquizados 5 categorias, de acordo com suas características como textura, estrutura, plasticidade e profundidade dos horizontes, onde foi encontrado na classificação dos solos mapeados na área de estudo, valores de apenas 3 categorias (Quadro 2).

Quadro 2 - Classes de Fragilidade para os Tipos de Solos.

Classes de Fragilidades	Tipos de Solos
1- Muito Baixa	Latossolos Vermelhos Eutroféricos e Distroféricos
2 - Baixa	Latossolos Vermelho-Amarelos Distroficos
3 - Média	Nitossolos Vermelhos Eutroféricos

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Para hierarquizar a categoria Cobertura e Uso da terra, destacou-se o papel da cobertura florestal para a estabilidade do ambiente com sua capacidade em graus de proteção de 1 a 5 segundo proposta por Ross (1994; 2005), variando do mais alto grau de proteção para o mais baixo, conforme ilustra o Quadro 3.

O mapeamento dos tipos de cobertura e uso da terra tem um papel muito importante com relação à fragilidade emergente, pois dependendo do tipo de vegetação presente na área, poderá apresentar um alto grau de proteção, reduzindo sua fragilidade.

Quadro 3 - Grau de Proteção para a Cobertura e Uso da terra.

Grau de Proteção	Tipos de Cobertura e Uso da terra
1 - Muito Alta	Florestas, Matas naturais e Florestas cultivadas com biodiversidade;
2 - Alta	Formações arbustivas densas (mata secundária Cerrado denso, Capoeira densa), Mata homogênea de Pímus e Eucalipto, Pastagem cultivada com baixo pisoteio de gado e culturas de ciclo longo;
3 - Média	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível, terraceamento com café, citros com forrageiras entre ruas, pastagem, silvicultura com eucaliptos com sub-bosque de nativas; áreas urbanizadas.
4 - Baixa	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, citros, frutíferas), culturas de ciclo curto (cana-de-açúcar) e demais culturas com cultivo em curvas de nível/terraceamento.
5 - Muito Baixa	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagem e culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Após a classificação de todos os mapas com seus indicadores em seus diferentes níveis de fragilidades diante das variáveis (declividade, tipo de solo e cobertura e uso da terra), foi realizada álgebra de mapas que consiste na aplicação de sobreposições (cruzamento espacial) em camadas, utilizando-se a soma e a média aritmética simples das fragilidades entre todos os fatores. Primeiramente foi realizado o cruzamento dos mapas de declividades e solos com seus índices de fragilidades, que representam os elementos físicos naturais, gerando o Mapa de Fragilidade Ambiental Potencial da área. E finalmente, para a definição e processamento do Mapa de Fragilidade Ambiental Emergente, foi o resultado da análise integrada do Mapa de Fragilidade Potencial do meio natural e do Mapa da Cobertura e Uso da terra com as informações das fragilidades, representando as atividades antrópicas, sendo hierarquizado conforme proposta de Ross (1994, 2012), onde de acordo com as classes de fragilidade, sendo: Muito Baixa (1), Baixa (2), Média (3), Alta (4), Muito Alta (5).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra as declividades ocorrentes na área de estudo, com os intervalos de 0-6%, 6-12%, 12-20%, 20-30% e >30% e suas cores temáticas correspondentes.

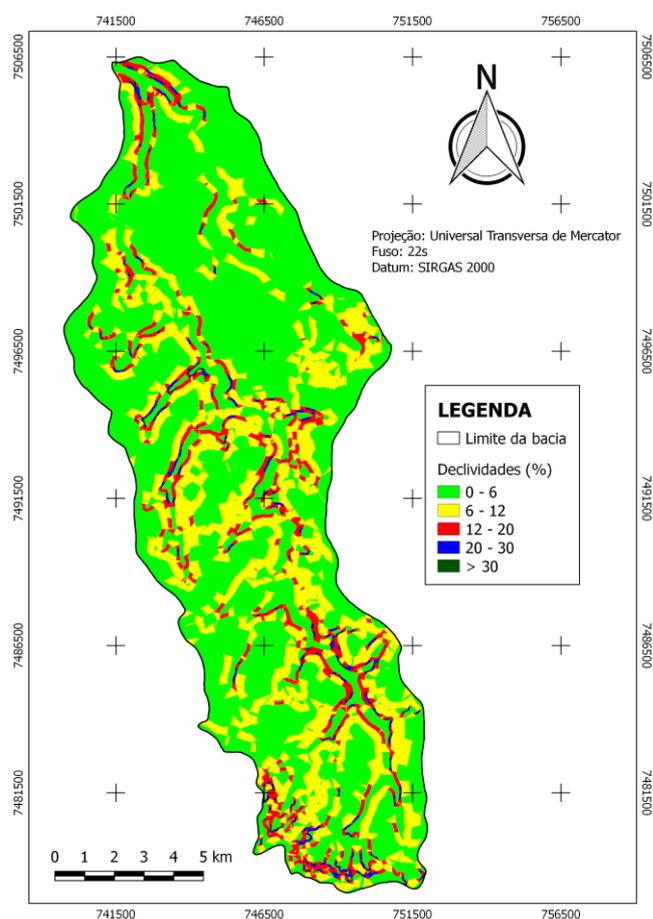


Figura 2 - Mapa de Declividades da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso (SP).

Na Tabela 1, pode-se observar as áreas e porcentagens das classes de declividades da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso (SP).

Tabela 1 - Áreas e porcentagens das classes de declividades da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso (SP).

Classes de Declividades	Cores	Área	
		ha	%
0 - 6	Verde claro	11.824,30	63,28
6 - 12	Amarelo	5.145,32	27,54
12 - 20	Vermelho	1.408,77	7,54
20 - 30	Azul	273,71	1,46
> 30	Verde escuro	32,76	0,18
Total		18.684,86	100

A classe de declividade de 0 à 6% representa a maior área de ocorrência com 63,28% (11.824,30 ha) abrangendo relevo plano à suave ondulado, apresentando uma fragilidade Muito Baixa (Quadro 1), seguida com 27,54% (5.145,32 ha) a classe de 6 a 12% com relevo suave ondulado à ondulado, com fragilidade Baixa, com 7,54% a classe de 12 a 20% (1.408,77 ha) e relevo ondulado à forte ondulado, apresentando uma fragilidade Média, com 1,46% a classe de 20 a 30%

(273,71 ha), relevo forte ondulado à montanhoso, com fragilidade Alta e a classe >30% representou apenas 0,18% da bacia (32,76ha), apresentando um relevo escarpado e uma fragilidade Muito Alta.

Na Figura 3 pode-se visualizar as três classes de solos identificadas na área de estudo.

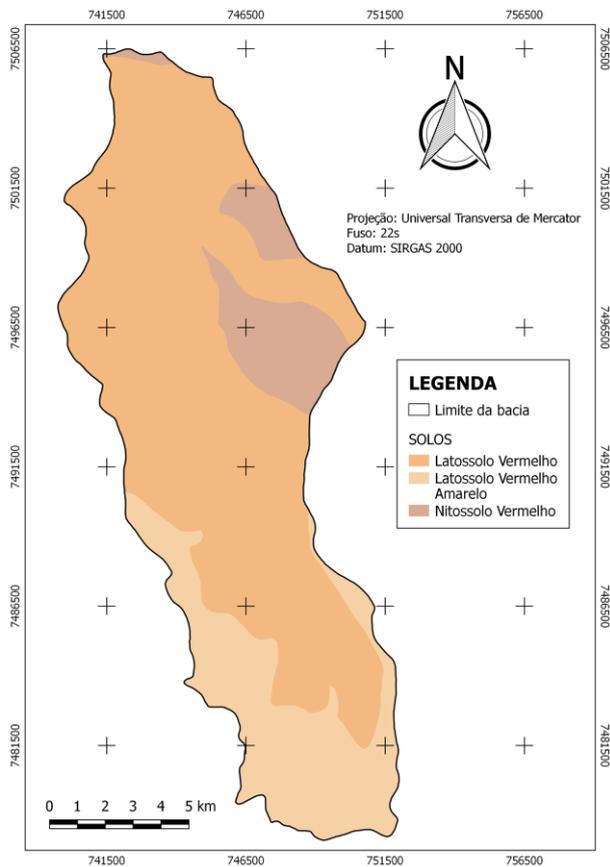


Figura 3 - Mapa de classes de Solos da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso (SP).

A Classe de solo Latossolo Vermelho ocupa a maior área da bacia com 68,39% (12.779,34 ha) e apresenta uma fragilidade Muito Baixa (Quadro 2), em seguida com 21,17% (3.954,75ha) o Latossolo Vermelho Amarelo apresentando fragilidade Baixa e com 10,44% (1.950,77 ha) o Nitossolo Vermelho que apresentou uma fragilidade Média, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Áreas em hectares e porcentagens das classes de Solos da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso (SP).

Classes de Solos		Área	
		ha	%
Latossolo Vermelho	LV	12.779,34	68,39
Latossolo Vermelho Amarelo	LVA	3.954,75	21,17
Nitossolo Vermelho	NV	1.950,77	10,44
Total		18.684,86	100

Na Figura 4 observa-se as áreas de fragilidade ambiental potencial na bacia do ribeirão Paraíso, que é o resultado da integração entre o mapa de declividade (Figura 2) e solos (Figura 3) e hierarquizadas em 5 níveis de fragilidades, sendo que, para a área de estudo, foram encontradas apenas 4 níveis.

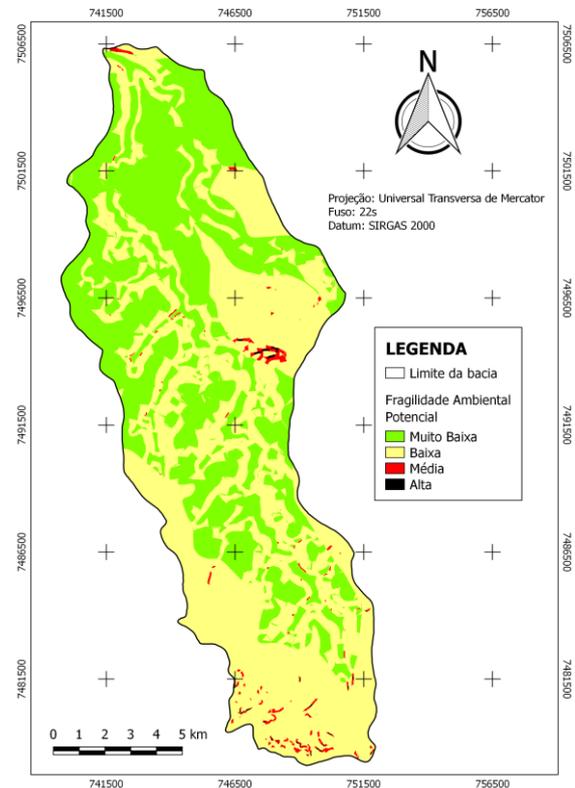


Figura 4 - Mapa de Fragilidade Ambiental Potencial da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso (SP).

Nota-se que a fragilidade ambiental potencial Muito Baixa (verde), está presente nas áreas com relevo plano à suave ondulado com declividades variando de 0-6% e precisamente em Latossolo Vermelho, que apresentam baixo risco de erosão, enquanto que a fragilidade Baixa (amarelo) ocorre em toda área coberta pelos solos Latossolo Vermelho Amarelo com médio risco de erosão e no Nitossolo Vermelho com alto risco a erosão e em áreas ocupadas com Latossolo Vermelho, mas apenas em relevo suave ondulado à ondulado com declividades de 6-12% e 12-20%. A fragilidade Média e Alta (vermelho e preto) aparece em menores proporções em diversas áreas no Latossolo Vermelho Amarelo e Nitossolo Vermelho e em menores ocorrências no Latossolo Vermelho Amarelo, porém em relevos acidentados.

Para Gimenes e Augusto Filho (2013), o mapa de fragilidade ambiental permite definir quais as áreas mais frágeis e que podem ser mais afetadas por mudanças na dinâmica natural existente.

Na Tabela 3 nota-se que as classes de fragilidade potencial definidas na área de estudo segundo o método adotado, (declividade e solos) foram: 1- Muito Baixa, 2-

Baixa, 3- Média, 4- Alta, através da somatória entre elas e a média aritmética simples, efetuando-se o

arredondamento para cima (valores em *itálico*) visando trabalhar dentro de uma margem de segurança.

Tabela 3 - Fragilidade Ambiental Potencial da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso (SP).

Solos	Fragilidades	Declividades				
		0 a 6%	6 a 12%	12 a 20%	20 a 30%	>30%
		1 (MB)	2 (B)	3 (M)	4 (A)	5 (MA)
LV	1 (MB)	1	2	3	3	3
LVA	2 (B)	2	2	3	3	4
NV	3 (M)	2	3	3	4	4

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Nota: Efetuou-se a soma e a média aritmética simples entre os valores das fragilidades (Declividades + Solos) e o arredondamento para cima como margem de segurança.

A Tabela 4 apresenta as áreas das classes de Fragilidade Ambiental Potencial em hectares e porcentagens encontradas na bacia estudada, onde a fragilidade Baixa apresentou a maior área com 10.516,25ha (56,28%), seguida da fragilidade Muito Baixa com 7.972,92ha (42,67%), a Média com 171,75ha (0,92%) e por último a fragilidade Alta com 23,94ha (0,13%).

Tabela 4 - Áreas em hectares e porcentagens das classes de Fragilidade Ambiental Potencial da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso (SP).

Fragilidade Potencial	Área	
	(ha)	(%)
1 (Muito Baixa)	7.972,92	42,67
2 (Baixo)	10.516,25	56,28
3 (Média)	171,75	0,92
4 (Alta)	23,94	0,13
Total	18.684,86	100

Nota: Fragilidade Ambiental Potencial = Declividades e Solos.

Para a determinação da fragilidade ambiental emergente, fez-se necessário antes, elaborar à partir da imagem digital do satélite LANDSAT 8, o mapa de Cobertura e Uso da terra onde, além do meio natural, são demonstradas as ações humanas sobre o ambiente, tornando-o modificado. Foram encontradas 12 classes de cobertura e uso da terra (Figura 5).

Analisando a Figura 5 e os valores das áreas obtidos em hectares na Tabela 5, podemos visualizar que a cultura da cana-de-açúcar ocupa a maior área em verde claro com 11.418,24 ha (61,11%) da área, seguida pela solo exposto com 2.969,40 ha (15,89%); pastagem com 2.142,83 ha (11,47%); área urbana com 1.051,95 ha (5,63%); mata com 420,69 ha (2,25%); eucalipto/pínus com 294,83 ha (1,58%); café com 248,81 ha (1,33%); aeroporto com 67,00 ha (0,36%); frutíferas com 46,31 ha (0,25%); ETE-Sabesp com 12,11 ha (0,06%); citros com 6,73 ha (0,04%) e aterro sanitário com 5,96 ha (0,03%).

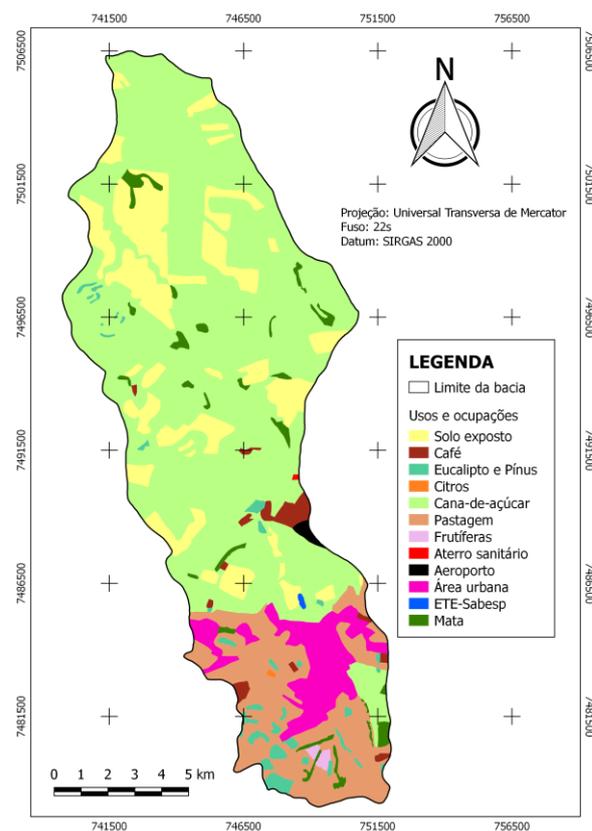


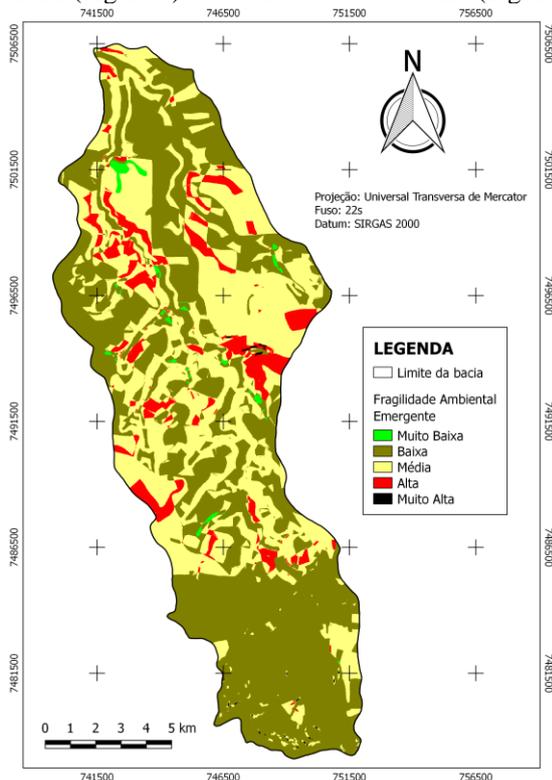
Figura 5 - Mapa de Cobertura e Uso da terra da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso (SP) em 2016.

Tabela 5 - Distribuição das áreas e porcentagens da Cobertura e Uso da terra em 2016.

Cobertura e Uso da terra	Área	
	(ha)	(%)
Solo exposto	2.969,40	15,89
Café	248,81	1,33
Eucalipto/Pínus	294,83	1,58
Citros	6,73	0,04
Cana-de-açúcar	11.418,24	61,11
Pastagem	2.142,83	11,47
Frutíferas	46,31	0,25
Aterro sanitário	5,96	0,03
Aeroporto	67,00	0,36
Área urbana	1.051,95	5,63
ETE-Sabesp	12,11	0,06
Mata	420,69	2,25
Total	18.684,86	100,00

Das 12 classes de cobertura e uso da terra encontradas na área de estudo, algumas foram agrupadas (Pastagem; Área Urbanizada) e (Café; Citros; Cana-de-açúcar e Frutíferas) segundo o método adotado de acordo com os indicadores de alto ou baixo grau de proteção que cada uma exerce sobre o meio ambiente. Na classe de uso Área urbana, foram incorporados o Aeroporto, ETE-Sabesp e o Aterro sanitário, onde esta foi caracterizada como Área Urbanizada.

A Figura 6 apresenta o mapa de fragilidade ambiental emergente da área de estudo, segundo o método adotado, sendo a integração do Mapa de Fragilidade Ambiental Potencial (Figura 4) e Cobertura e Uso da terra (Figura 5).

**Figura 6 - Mapa de Fragilidade Ambiental Emergente da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso (SP).**

As classes de fragilidade emergente encontradas na área de estudo resultaram em: 1 (Muito Baixa); 2 (Baixa); 3 (Média); 4 (Alta) e 5 (Muito Alta), conforme a Tabela 6, onde foram elaboradas a partir da somatória entre fragilidade ambiental potencial e cobertura e uso da terra, e a média aritmética simples entre elas efetuando-se o arredondamento para cima (valores em *italico*) visando trabalhar dentro de uma margem de segurança.

Um dado importante que não foi computado e poderia influenciar nos resultados com uma fragilidade mais alta, seria o sistema viário rural entre talhões de cana-de-açúcar e estradas vicinais, por apresentar ambientes com grau de proteção mais baixo, podendo ser classificados como grandes agentes erosivos em consequência do deflúvio maior, devido a pressões de sobrecarga causado pelo tráfego intenso de maquinários agrícolas.

Tabela 6 - Fragilidade Ambiental Emergente da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso (SP).

Uso da Terra	Grau de Proteção	Fragilidade Potencial			
		1 (MB)	2 (B)	3 (M)	4 (A)
Mata Natural	1 (MA)	1	2	2	3
Pínus e Eucalipto	2 (A)	2	2	3	3
Pastagem Área Urbanizada	3 (M)	2	3	3	4
Café; Citros; Cana-de-açúcar e Frutíferas	4 (B)	3	3	4	4
Solo exposto	5 (MB)	3	4	4	5

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Nota: Efetuou-se a soma e a média aritmética simples entre os valores das fragilidades (Fragilidade Potencial + Uso da terra) e o arredondamento para cima como margem de segurança.

A Tabela 7 apresenta as áreas das classes de Fragilidade Ambiental Emergente em hectares e porcentagens encontradas na bacia estudada, onde a classe de fragilidade emergente Baixa apresentou maior área com 9.815,85 ha (52,53%), com declividades de 0 à 3% com atividades agropecuárias e ocupação humana; seguida da classe de fragilidade Média com 7.450,31 ha (39,87%) com atividades agrícolas; Alta com 1.269,85 ha (6,80%) apresentando áreas expostas com preparo de solo para o plantio e pós colheitas; a classe Muito Baixa com 128,07 ha (0,69%) estão presentes em pequenas áreas com matas nativas e Muito Alta com 20,78 ha (0,11%) em trechos com declividades de 20 à 30%, apresentando algumas restrições quanto ao uso.

Tabela 7 - Áreas em hectares e porcentagens das classes de Fragilidade Ambiental Emergente da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso (SP).

Fragilidade Emergente	Área	
	(ha)	(%)
1 (Muito Baixa)	128,07	0,69
2 (Baixo)	9.815,85	52,53
3 (Média)	7.450,31	39,87
4 (Alta)	1.269,85	6,80
5 (Muito Alta)	20,78	0,11
Total	18.684,86	100

Nota: Fragilidade Ambiental Emergente = Fragilidade Potencial e Cobertura e Uso da terra.

Para Valle et al. (2016), o mapa de fragilidade ambiental emergente demonstra que a cobertura florestal oferece proteção ao solo, minimizando a intensidade de processos erosivos, reduzindo a fragilidade onde seriam consideradas de alta fragilidade nas áreas de fragilidade ambiental potencial.

4 CONCLUSÕES

A representação dos ambientes naturais apresentados pela fragilidade ambiental potencial, demonstrou na maioria da área de estudo, uma fragilidade baixa, impulsionadas pelas declividades planas a suave onduladas sob solos com fragilidades muito baixa a mediana.

O mapeamento da fragilidade ambiental emergente que representa os ambientes naturais e antropizados, evidenciou resultados de baixo a média fragilidade, destacando a importância da cobertura florestal como elemento de proteção para estabilidade do ambiente e equilíbrio ambiental. Áreas que evidenciaram fragilidade emergente alta chamam atenção, pois refletem áreas com solo exposto pela colheita e/ou preparado para cultivo, necessitando cuidados especiais com aprimoramento de técnicas de conservação.

Os resultados das fragilidades potencial e emergente, forneceram subsídios e poderão contribuir para um melhor planejamento e definição de políticas e estratégias no estudo de bacias hidrográficas buscando uma melhor utilização e aproveitamento dos recursos naturais.

5 REFERÊNCIAS

CEPAGRI. Unicamp. **Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura:** Clima dos Municípios Paulistas. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_563.html>. Acesso em: 10 dez. 2015.

EASTMAN, J. R. **Idrisi Selva**– GIS and Image Processing Software – version 17.0. Worcester-MA/USA: Clark Labs, 2012.

GIMENES, F. B. Q.; AUGUSTO FILHO, O. Mapas de fragilidade ambiental utilizando o processo de análise hierárquica (AHP) e sistema de informação geográfica (SIG). *Anais... XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2013, INPE. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0326.pdf>>. Acesso em: 4 abr. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Manual Técnico de Pedologia.** Manuais Técnicos em Geociências. Rio de Janeiro-SP, n.4, 2007. 316p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cartas do Brasil** (SF-22-Z-B-V-2), São Manuel e (SF-22-Z-B-V-4), Pratânia. Bases cartográficas em ambiente digital (formato dgn, pdf e tif), na escala 1:50.000. Rio de Janeiro: IBGE, 1973 e 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 jan. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. INPE. Divisão de Geração de Imagens/OBT (DGI-INPE, 2016). **Catálogo de Imagens.** Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>>. Acesso em: 8 jun. 2016.

LABGEO. **Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ecologia.** O Cartalix. Instituto de Biociências-Laboratório de Geoprocessamento. UFRGS-Universidade Federal do Rio Grande do Sul-RS. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/labgeo/index.php/cr-idrisi/34-o-cartalink>>. Disponível em: 1 dez. 2016.

NICOLETE, D. A. P. **Áreas hidrologicamente homogêneas como subsídio ao manejo de bacias hidrográficas.** 2015. 76f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015.

OLIVEIRA, J. B. de. Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico. **Boletim Científico n° 45 IAC.** Campinas, 1999. 112p.

POLLO, R. A. **Mapeamento do zoneamento da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso, São Manuel-SP, visando o planejamento e gestão ambiental.** 2017. 145f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017.

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.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento.** São Paulo: Contexto. 8.ed. p. 14-15, 2005.

ROSS, J. L. S. Landforms and environmental planning: potentialities and fragilities. **GEOUSP**. São Paulo, v. especial, p. 38-51, 2012.

SILVA, R. C.; et al. Avaliação do uso da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Alegre, fronteira Brasil/Bolívia. **Anais...** 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, MS. 2014. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.786-792.

SÃO PAULO. Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991. **Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Disponível em:<
http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/estadual/lis/1991_Lei_Est_7663.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2016.

TRAFICANTE, D. P. **Fragilidade Ambiental da APA Corumbataí-Botucatu-Tejupá (perímetro Botucatu, SP, Brasil) na bacia hidrográfica do rio Capivara**. 2016. 107f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

TOMCZYK A.M. A GIS assessment and modelling of environmental sensitivity of recreational trails: The case of Gorce National Park, Poland. **Applied Geography** (Sevenoaks, England). v. 31. n.1. p. 339-351. 2011.

VALLE, I.C.; FRANCELINO, M.R.; PINHEIRO, H.S.K. Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. **Floresta e Ambiente**. Rio de Janeiro-RJ. 23(2):295-308. 2016.