



Revista Cerrados (Unimontes)  
ISSN: 1678-8346  
ISSN: 2448-2692  
revista.cerrados@unimontes.br  
Universidade Estadual de Montes Claros  
Brasil

# EMPREGO DO SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO PEDRO, SANTA RITA DO PARDO/MS

Miguel, Angélica Estigarribia São; Medeiros, Rafael Brugnolli; Gomes, Weslen Manari  
EMPREGO DO SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO PEDRO, SANTA RITA DO PARDO/MS

Revista Cerrados (Unimontes), vol. 16, núm. 2, 2018

Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil

**Disponível em:** <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=576961000003>

**DOI:** <https://doi.org/10.22238/rc24482692201816023150>

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Este trabalho está sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-Não Derivada 4.0 Internacional.

# EMPREGO DO SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO PEDRO, SANTA RITA DO PARDO/MS

EMPLOYMENT OF REMOTE SENSING AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM IN EVALUATION OF ENVIRONMENTAL FRAGILITY OF HYDROGRAPHIC BASIN SÃO PEDRO, SANTA RITA DO PARDO/MS

EMPLEO DEL SENSORIAMIENTO REMOTO Y SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA EVALUACIÓN DE LA FRAGILIDAD AMBIENTAL DE LA BACIA HIDROGRÁFICA DEL RIBEIRÃO SÃO PEDRO, SANTA RITA DO PARDO/MS

Revista Cerrados (Unimontes), vol. 16, núm. 2, 2018

Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil

Recepção: 20 Julho 2018  
Aprovação: 23 Agosto 2018  
Publicado: 12 Dezembro 2018

DOI: <https://doi.org/10.22238/rc24482692201816023150>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=576961000003>

Angélica Estigarribia São Miguel [angelica.esm@hotmail.com](mailto:angelica.esm@hotmail.com)  
*Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil*  
Rafael Brugnolli Medeiros [rafael\\_bmedeiros@hotmail.com](mailto:rafael_bmedeiros@hotmail.com)  
*Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Brasil*  
Weslen Manari Gomes [weslenmanari@hotmail.com](mailto:weslenmanari@hotmail.com)  
*Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, Brasil*

**Resumo:** A fragilidade ambiental diz respeito à fragilidade do ambiente em função de qualquer tipo de dano causado pela dinâmica ambiental, seja de forma natural e/ou antrópica, sendo relacionada com a erosão do solo e assoreamento dos rios. O objetivo desta pesquisa foi realizar uma análise da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do ribeirão São Pedro, no município de Santa Rita do Pardo/MS, analisando suas características físicas e o uso da terra e cobertura vegetal. Para tanto, a metodologia consiste em duas etapas: a primeira delas na avaliação das precipitações buscando algumas estações meteorológicas no entorno da bacia hidrográfica, trabalhando em ambiente SIG ArcGis 10. A segunda diz respeito ao manuseio das informações sobre áreas prioritárias e solos, buscou-se dados do SISLA/IMASUL, a declividade, trabalhou-se com o modelo digital de terreno SRTM e para o uso da terra e cobertura vegetal a utilização das imagens de satélite Landsat 8. Com isso, a interpolação dessas informações foi embasada na proposta metodológica de Ross (1994) para a fragilidade ambiental. As classes de fragilidade obtidas são a categoria baixa que se mostrou dominante na bacia, sendo presentes em matas nativas e pastagens, a categoria média e alta, que juntas apresentaram 39,56% da área total da bacia foram encontradas em locais com alto declive, concluindo assim que a bacia hidrográfica necessita da análise de suas características, onde qualquer mudança em um de seus elementos pode alterar a fragilidade do local, prejudicando assim, seus recursos naturais.

**Palavras-chave:** Fragilidade ambiental, Sensoriamento Remoto, Uso da terra e cobertura vegetal.

**Abstract:** The environmental fragility refers to the fragility of the environment due to any kind of damage caused by the environmental dynamics, either naturally or anthropically, and is related to soil erosion and silting of rivers. The objective of this research was to analyze the environmental fragility of the São Pedro river basin, in the municipality of Santa Rita do Pardo / MS, analyzing its physical characteristics and the use of land and vegetation cover. To do so, the methodology consists of two stages: the first one in the evaluation of precipitation by searching for some meteorological stations around the watershed, working in ArcGis 10 GIS environment. The second one concerns the handling of information on priority areas and soils, if data from the SISLA / IMASUL, the slope was worked with the SRTM digital terrain model and for the land use and vegetation cover the use of Landsat 8 satellite images. With this, the interpolation of this information was based on the methodological proposal of Ross (1994) for environmental fragility. The fragility classes obtained are the low category that was dominant in the basin, being present in native forests and pastures, the medium and high category, which together presented 39.56% of the total area of the basin were found in places with high slope, thus concluding that the river basin needs the analysis of its characteristics, where any change in one of its elements can alter the fragility of the place, thus damaging its natural resources.

**Keywords:** Environmental fragility, Remote Sensing, Land use and vegetation cover.

**Resumen:** La fragilidad ambiental se refiere a la fragilidad del ambiente en función de cualquier tipo de daño causado por la dinámica ambiental, sea de forma natural y / o antrópica, estando relacionada con la erosión del suelo y la sedimentación de los ríos. El objetivo de esta investigación fue realizar un análisis de la fragilidad ambiental de la cuenca hidrográfica del río San Pedro, en el municipio de Santa Rita do Pardo / MS, analizando sus características físicas y el uso de la tierra y cobertura vegetal. Para ello, la metodología consiste en dos etapas: la primera de ellas en la evaluación de las precipitaciones buscando algunas estaciones meteorológicas en el entorno de la cuenca hidrográfica, trabajando en ambiente SIG ArcGis 10. La segunda se refiere al manejo de las informaciones sobre áreas prioritarias y suelos, si los datos del SISLA / IMASUL, la declividad, se trabajó con el modelo digital de terreno SRTM y para el uso de la tierra y cobertura vegetal la utilización de las imágenes de satélite Landsat 8. Con ello, la interpolación de esas informaciones se basó en la propuesta metodológica de Ross (1994) para la fragilidad ambiental. Las clases de fragilidad obtenidas son la categoría baja que se mostró dominante en la cuenca, siendo presentes en bosques nativos y pastos, la categoría media y alta, que juntas presentaron el 39,56% del área total de la cuenca se encontraron en locales con alto declive, concluyendo así que la cuenca hidrográfica necesita el análisis de sus características, donde cualquier cambio en uno de sus elementos puede alterar la fragilidad del local, perjudicando así sus recursos naturales.

**Palabras clave:** Fragilidad ambiental, Detección remota, Uso de la tierra y cobertura vegetal.

## INTRODUÇÃO

A crescente e intensa pressão exercida sobre os recursos naturais, devido ao acelerado crescimento e cultura da abundância dos recursos hídricos e que serviu de base para o desenvolvimento industrial, vem ocasionando nas últimas décadas, uma preocupação com a quantidade e qualidade de todos os recursos naturais. Dessa forma, cresceu enormemente o valor da bacia hidrográfica como unidade de análise e planejamento ambiental.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecida pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, agrupa princípios e normas para a gestão de recursos hídricos aceitando a definição de bacias hidrográficas como

unidade de estudo e gestão. Assim sendo, é de grande valor para gestores e pesquisadores a abrangência do conceito de bacia hidrográfica e de suas subdivisões.

A bacia hidrográfica corresponde a diversos parâmetros correlacionados e uma pequena alteração como uso e ocupação da terra, precipitação, desmatamento, erosão, entre outros, acarretaria em uma mudança em todo o ambiente, comprometendo os recursos naturais, alterando a sua dinâmica e diminuindo a quantidade e qualidade destes recursos.

Barrella (2001) define esse conceito de bacia hidrográfica como sendo definido como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. Devido a essa diversidade de elementos que a constituem e as constantes relações entre os mesmos, a bacia hidrográfica apresenta dinâmicas distintas ao longo do tempo.

Para a análise de como o solo vem sendo utilizado e ocupado e também outras análises ambientais, são necessárias imagens de satélite, que hoje em dia, devido a sua facilidade de obtenção, vêm se transformando em uma importante maneira de se verificar problemas e constatar todas as características de uma bacia hidrográfica, toda essa análise se faz através da utilização do sensoriamento remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Portanto, a utilização destas técnicas possibilita uma análise integrada da dinâmica do uso de uma bacia hidrográfica, auxiliando em um melhor planejamento e tomada de decisão dos órgãos competentes.

Segundo Ross (1994), realizar um estudo integrado dos elementos componentes do estrato geográfico que dão suporte à vida animal e ao homem, geram um produto analítico-sintético que retrata a real situação da área de estudo. Sendo assim, ao analisar a relação das variáveis presentes no ambiente, temos que considerar que cada uma delas tem um peso que influência no resultado das fragilidades do ambiente.

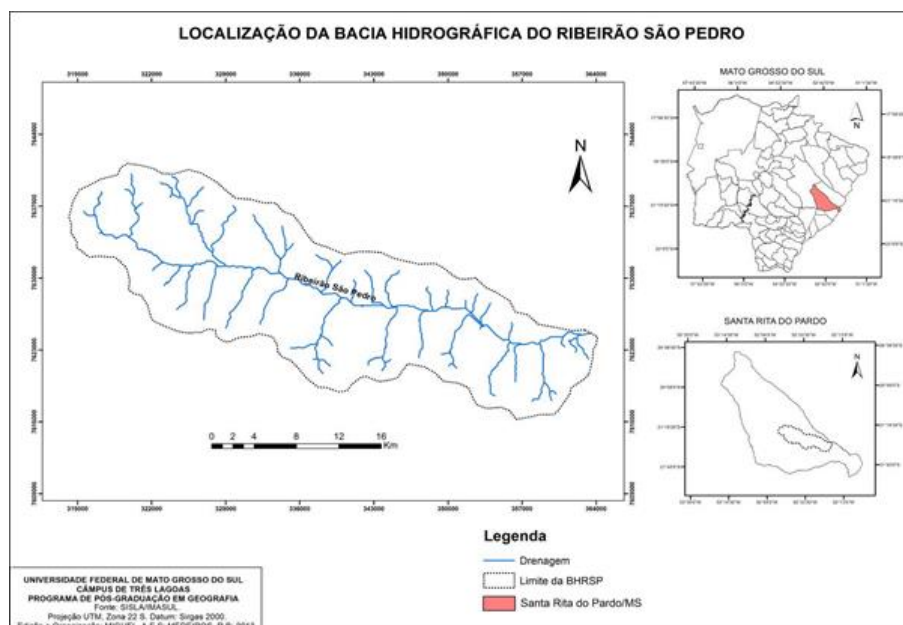
Para tanto é necessário um diagnóstico da fragilidade ambiental, que segundo diversos autores que trabalham com essa temática, como Ratcliffe (1971), Smith e Theberge (1986), Ross (1994), Tamanini (2008) e EMBRAPA (2010) divergem em alguns pontos específicos de forma conceitual, porém, partem do princípio sistêmico de análise, ou seja, de interação e dependência mútua entre todos os seus componentes físicos naturais e antrópicos.

É neste ponto que parte a base conceitual da fragilidade ambiental, logo, sua compreensão inicia dessa interação, desde que haja o uso antrópico na discussão e análise. Ross (1994) ressalta que a fragilidade ambiental é a fragilidade que um ambiente está submetido, quando são associados aos graus de proteção que os diferentes tipos de uso, cobertura e manejo da terra exercem. Estes, por sua vez, permanecem em equilíbrio dinâmico até o começo das alterações antrópicas.

A escolha da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Pedro - BHRSP, localizada no município de Santa Rita do Pardo/MS, se deu devido às

alterações ambientais encontradas na área, tendo em vista a intervenção econômica da empresa Grupo Brochmann Polis S/A instalada na fazenda Santa Vergínia no território de Santa Rita do Pardo/MS e da proximidade com a Companhia Brasileira de Açúcar e Alcool (CBAA), no município de Brasilândia/MS, que tem como principal cultivo a cana de açúcar e outras atividades como mudas clonais de eucalipto e criação de gado geneticamente modificado. Sendo essa última, uma empresa que exerce influência direta na mudança da paisagem na bacia, tornando-se importante a identificação desta mudança, visto que essa análise busca contribuir para um melhor ordenamento e gerenciamento da bacia, podendo servir para prevenir eventuais impactos causados por este tipo de ocupação.

Esta pesquisa propõe, através da análise de diversos parâmetros como precipitação, áreas prioritárias, solos, declividade e uso da terra e cobertura vegetal, elaborar a fragilidade ambiental da BHRSP, utilizando-se da metodologia desenvolvida por Ross (1994) e adaptada por Crepani et al. (2001). A BHRSP encontra-se inserida no limite do município de Santa Rita do Pardo/MS, a leste do estado de Mato Grosso do Sul. e ocupa uma área de 566,24 km<sup>2</sup>, localizada entre as coordenadas geográficas 52° 49' 00" W e 52° 16' 30" W a 21° 18' 00" S e 21° 37' 30" S, conforme mostra a Figura 1.



**Figura 1**  
Localização da BHRSP  
SISLA/IMASUL

## METODOLOGIA DA PESQUISA

Para a operacionalização da pesquisa fez-se necessária a utilização dos materiais e procedimentos abaixo relacionados.

Imagens do satélite Landsat 8, bandas 4, 5 e 6 do ano de 2013; Imagem de radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) do ano de 2000,

disponibilizada pela Embrapa; Softwares: SPRING® 5.2.3 (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), ArcGis® 10, Google Earth®, Editor gráfico CorelDraw® 12.

A carta de solos e áreas prioritárias da área de estudo foram elaboradas com o auxílio do ArcGis® 10, utilizando os dados técnicos do Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental - SISLA, que foram adicionados ao ArcGis®, onde o mesmo descreve a disposição dos solos pelas siglas, sendo nomeado de acordo com nomenclatura da (EMBRAPA, 2006) finalizando assim a carta de solos.

Para os dados pluviométricos, utilizou-se de 8 estações meteorológicas próximas à BHRSP, sendo utilizada a média anual de cada estação, disponibilizada no site da EMBRAPA CLIMA de Dourados/MS, sendo o banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA), representados na Tabela 1, utilizando, para a interpolação dos dados adquiridos, o método Interpolação pela Ponderação do Inverso da Distância – IDW.

**Tabela 1**

Estações meteorológicas, seus respectivos municípios, coordenadas geográficas e precipitação média anual

Estação	Município	Coordenadas Geográficas	Média Anual Precipitação (mm)
Estação Porto Velho	Brasilândia	s 21°01'00" w 52°11'00"	1303,6
Estação Fazenda Mimosinho	Santa Rita do Pardo	s 21°06'00" w 52°59'00"	1283,2
Estação Xavantina do Sul	Santa Rita do Pardo	s 21°17'42" w 52°48'37"	1361,2
Estação Porto Uerê	Bataguassu	s 21°42'57" w 52°26'14"	1304,4
Estação Três Lagoas (EFNOB)	Três Lagoas	s 20°48'00" w 51°43'00"	831,5
Estação Água Clara	Ribas do Rio Pardo	s 20°26'42" w 52°54'05"	1385,0
Estação Usina Mimoso	Ribas do Rio Pardo	s 20°40'35" w 53°34'14"	1281,5
Estação Passagem Ribeirão Lontra	Ribas do Rio Pardo	s 21°24'30" w 53°36'46"	1182,4

Agência Nacional das Águas, 2012.

A declividade da bacia foi obtida através dos dados altimétricos do modelo digital de terreno, Shuttle Radar Topography Mission - SRTM, com o auxílio do módulo Spatial Analyst, em seguida a opção Surface e Slope, sendo que pode ser escolhido declive em graus e/ou porcentagem, neste caso foi escolhida a porcentagem.

Por fim e não menos importante, a elaboração do uso e ocupação da terra foi feita mediante uma interpretação de imagens de satélite Landsat 8, bandas 4, 5 e 6 do ano de 2013 adquiridas gratuitamente no site do USGS – Earth Explorer, para a delimitação da bacia utilizou a imagem de radar SRTM do ano de 2000.



As imagens foram importadas e trabalhadas no SIG Spring® 5.2.3 a fim de melhorar a qualidade da imagem, utilizando a opção histograma para realçar as assinaturas espectrais. A partir deste contraste foi classificado o uso da terra e cobertura vegetal, por meio de classificação supervisionada por regiões, onde foi utilizado o classificador Bhattacharya, cuja liminar de aceitação foi de 99,9%.

A definição das classes do uso da terra e cobertura vegetal foi: mata, água, pastagem, solo úmido, solo exposto, silvicultura e lavoura temporária. A classe temática mata é referente às áreas de reserva legal e matas ciliares. Na classe temática água foi classificada todos os corpos d'água. Os solos sem cobertura vegetal ou aquelas terras que estão sendo preparadas para plantio, foram classificados como solo exposto.

As classes lavoura temporária referem-se às áreas de plantio de cana de açúcar e outras culturas. Na classe silvicultura, foi adquirida amostras de plantio de eucalipto. Já a classe temática pastagem foi caracterizada pela presença de gramíneas destinadas à criação do gado de corte ou apenas pastagem em pousio. Com relação à classe de solo úmido é caracterizada como áreas de várzeas, sobretudo nas planícies aluviais.

Por fim a imagem classificada foi exportada do Spring® e importada no ArcGis® 10, para reclassificação e atribuição de pesos de fragilidade para cada classe de uso da terra e cobertura vegetal.

Para elaboração da carta de Fragilidade Ambiental utilizou-se das metodologias de Ross (1994) adaptada posteriormente por Crepani et al. (2001), para tanto, foi necessário o levantamento dos dados referentes à declividade, solos, áreas prioritárias, clima, uso da terra e cobertura vegetal da BHRSP para posteriormente ser dado pesos para cada característica física, Quadro 1. Ross (1994) sistematizou uma hierarquia nominal de fragilidade, representado por classes: muito baixa (1), baixa (2), média (3), alta (4) e muito alta (5) de acordo com seu grau de fragilidade.

**Quadro 1**  
Pesos e Categorias de Fragilidade Ambiental

Pesos	Categoria Hierárquica
1	Muito Baixa
2	Baixa
3	Média
4	Alta
5	Muito Alta

Autores

Após o levantamento destes dados no ArcGis® 10, é necessário que todos estejam em raster, através da ferramenta Conversion Tools, onde transforma-se todas as imagens e polígonos em raster. Em seguida é feita a reclassificação dos dados, colocando os pesos de Fragilidade Ambiental, esta ferramenta é a Spatial Analyst Tools>Reclass>Reclassify no próprio ArcGis® 10, sendo que, após essa reclassificação, será criado outro mapa com seus respectivos pesos e classificação.

Em seguida a este procedimento, foram utilizados e interpolados os dados de áreas prioritárias, declividade, pluviosidade, solos e uso da terra

e cobertura vegetal para a obtenção da carta de fragilidade ambiental, através da ferramenta Spatial Analyst Tools>Overlay>Weighted Overlay, onde foi inserido estas variáveis e dado um Set Equal no ArcGis® 10 para que todas os dados tenham o mesmo peso na elaboração da carta.

## DESENVOLVIMENTO DA DISCUSSÃO

Na BHRSP, como demonstrado na Figura 2 e Tabela 2, predomina o Latossolo vermelho, que são solos constituídos de material mineral, sendo solos em avançado estágio de intemperização, bem evoluídos, normalmente profundos e variam de fortemente a bem drenados. Esses latossolos não apresentam grandes níveis de fragilidade por serem bem drenados, que acabam facilitando a infiltração e reduz o escoamentos superficial. Único problema que deve ser destacado, é o nível da textura, sendo considerado arenoso, deixando suas terras em níveis médios de fragilidade ambiental.



**Figura 2**  
Solos da BHRSP  
SISLA/IMASUL

**Tabela 2**  
Disposição dos Solos da BHRSP

Solos	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)	Pesos de Fragilidade
Latossolo Vermelho	521,92	92,21	3
Planossolo	21,34	3,81	3
Argissolo Vermelho/Amarelo	22,98	3,98	4
	566,24	100,00	

Adaptada de Ross (1994).



Os latossolos são encontrados ao longo de 92,21% do total da área. Ressaltando que até por esse motivo e característica do solo predominante, este manancial é caracterizado pelo seu terreno arenoso, com águas superficiais relativamente turvas e cercadas de pastagens com poucas vegetações nativas.

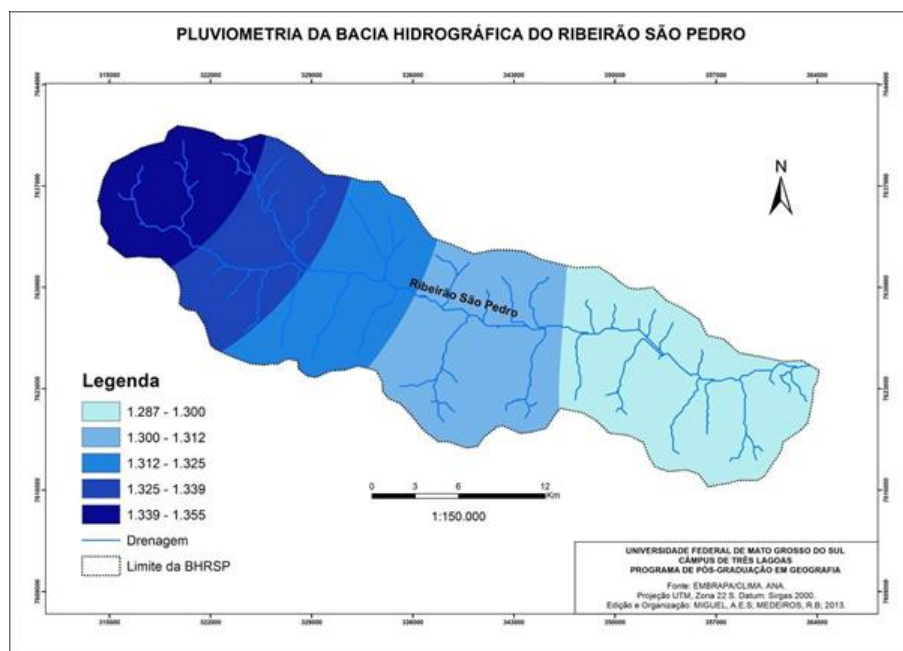
Os solos Argissolo Vermelho/Amarelo são solos com processos de acúmulos de argila com material mineral, com características diferenciais, que é a presença do horizonte B textural de argila de atividade baixa ou alta conjugada por bases baixa ou caráter alítico. Apresentam profundidade variável e são imperfeitamente drenados com cores avermelhadas (EMBRAPA, 2006).

São solos que apresentam relativa fragilidade, sobretudo por ser impermeável, que acaba favorecendo o escoamento superficial, carreando sedimentos e provocando propensões a erosões. Apresentando assim, na BHRSP, cerca de 3,98% do total da área, sobretudo em regiões próximas e na nascente do ribeirão São Pedro e do primeiro grande afluente do ribeirão.

Já os planossolos, solos com horizonte plântico com materiais minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial de textura mais leve. São solos com desargilização vagarosa da parte mais superficial e acumulação ou concentração intensa de argila no horizonte subsuperficial (EMBRAPA, 2006).

Logo, percebe-se um solo mediantemente evoluído, com propensão às erosões devido ao escoamento superficial em seus terrenos, o que acaba auxiliando na melhora de seus índices, é o mesmo apresentar-se em relevo plano e áreas rebaixadas. Porém, ainda apresentam os níveis de fragilidade mais elevados da BHRSP. Sendo que nesta bacia, foi encontrado ao longo do baixo curso da BHRSP, sobretudo nas proximidades do manancial principal e em suas planícies aluviais, até por isso, esse solo apresenta-se disposto sob, em sua maioria, mata nativa e áreas úmidas.

De acordo com a metodologia utilizada, percebe-se que os parâmetros referentes ao clima (precipitação), Figura 3, ocasiona uma homogeneamente em toda a área de estudo, sendo classificada como Peso 2, que são áreas de fraca fragilidade, de acordo com CREPANI, et. al. (2001).



**Figura 3**  
Pluviosidade da BHRSP  
EMBRAPA/CLIMA; ANA

té por esse motivo, não cabe aqui, uma discussão abrangente sobre a pluviosidade, o que se destaca, é que a região oeste da BHRSP apresenta maiores índices de precipitação, contudo, em um percentual não significativo se comparado com a média mais baixa da região leste.

Essa pouca variabilidade não traduz em alterações nos pesos de fragilidade e não oferecendo alterações significativas na paisagem da BHRSP, isso apenas vai ocorrer em anos atípicos ou com precipitações torrenciais e mal distribuídas ao longo do ano, podendo carrear sedimentos em épocas mais chuvosas ou deixar uma pastagem mais “rala” nas épocas mais secas do ano.

Com relação às Áreas Prioritárias, Figura 4, Ross (1994) classifica as áreas que não possuem prioridade de conservação como Peso 1, bem como, as que possuem prioridade para conservação de Peso 5, contrastando com a fragilidade ambiental, deixando as áreas com maior prioridade com níveis elevados de fragilidade, necessitando que as mesmas apresentem medidas mitigadoras para sua conservação. Essas áreas prioritárias abrangem as matas nativas, áreas ao entorno dos mananciais e nascentes.

Já a carta de declividade foi elaborada a partir da imagem SRTM e os dados obtidos e totais da área são representados na Figura 4 e Tabela 3. As classes de declividades tiveram como base a proposta por Ross (1994), identificando quatro classes de declividade.



**Figura 4**  
Declividade da BHRSP  
IMAGEM DE RADAR SRTM, 30 M; Valeriano (2008)

**Tabela 3**  
Classes de declividade na BHRSP em área (km<sup>2</sup>) e porcentagem (%)

Classes de Declive (%)	Categorias Hierárquicas	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)	Pesos de Fragilidade
0 a 6	Muito Fraca	539,78	95,32	1
6 a 12	Fraca	26,32	4,64	2
12 a 20	Média	0,14	0,04	3
Total		566,24	100,00	

Adaptada de Ross (1994).

Na Figura 5 e Tabela 3, fica claro o predomínio dos baixos graus de inclinação do terreno, (0 à 6%) somando 95,32% do total da área estudada. Logo, observou-se que na BHRSP predomina um relevo aplainado sem alterações bruscas de altitude, sendo classificada como Peso 1. A segunda classe (Peso 2) que se apresenta na bacia, é de 6 à 12% de declividade, sendo encontrada apenas em pequenas áreas do médio curso da BHRSP, representando 4,64% ou seja, 26,32 km<sup>2</sup>.

A classe nomeada como média, de 12 à 20% de declive (Peso 3), abrangeu uma área relativamente pequena de acordo com o tamanho da bacia, apenas 0,14 km<sup>2</sup>, que segundo a classificação de Lepsch et al. (2002) são áreas com predomínio a problemas com erosão, entretanto, impróprias para culturas anuais e indicadas para culturas perenes, para proporcionar uma proteção maior ao solo. Ramalho Filho e Beek (1995) são mais taxativos e recomendam a não utilização agrícola, somente a manutenção da vegetação primitiva.

Com relação ao Uso da Terra e Cobertura Vegetal no ano de 2013, Figura 5 e Tabela 4, foi constatada uma área relativamente extensa de

lavoura temporária, mostrando estar em uma crescente na região este tipo de cultivo, mas ainda foi predominante a áreas destinadas as pastagens.



**Figura 5**

Uso da Terra e Cobertura Vegetal da BHRSP  
IMAGEM DE SATÉLITE LANDSAT 8, BANDAS 4, 5 E 6 de 12-01-2013

**Tabela 4**

Uso da Terra e Cobertura Vegetal no ano de 2012

Classes	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)	Pesos de Fragilidade
Mata	140,20	24,72	1
Pastagem	288,11	50,82	3
Silvicultura	41,86	7,42	3
Lavoura Temporária	54,88	9,71	4
Solo Úmido	33,25	5,89	4
Água	2,87	0,53	5
Solo Exposto	5,07	0,91	5
	566,24	100,00	

Adaptada de Ross (1994).

Analisando a Figura 6 e comparando com os dados da Tabela 4, em 2013, a classe Mata representava uma área de 24,72%, sendo encontrada ao longo das cercanias dos principais mananciais da BHRSP, bem como em reserva nas propriedades rurais em todas as regiões da bacia.

Uma questão que deve ser discutida e levada em consideração, é que as áreas de mata são inferiores às áreas de pastagens, sendo uma bacia comprovadamente degradada em seu arcabouço ambiental. Necessitando que a mesma seja monitorada e que as pastagens, não em sua totalidade, mas áreas específicas como as proximidades dos mananciais hídricos e em áreas de maiores declives, sejam deixadas em pousio para sua recuperação, ou que a mesma seja revegetada buscando sua conservação.

Logo, as pastagens se mostraram predominantes na área, com um total de 50,82% da área da bacia, sendo característico na região devido à criação de gado de corte. A silvicultura teve um percentual de 7,42% na área, sendo que grande parte desse eucalipto é cultivado pela empresa Grupo Brochmann Polis S/A instalada na fazenda Santa Vergínia no território de Santa Rita do Pardo/MS.

A lavoura temporária encontrada na área da bacia foi classificada como cana de açúcar e ocupou uma área de 9,71% do total, onde grande parte dessa produção é de propriedade da empresa Companhia Brasileira de Açúcar e Alcool (CBAA), instalada próxima da bacia no município de Brasilândia/MS.

Outro fator que deve ser levado em consideração quando se trata de monoculturas, é a perda da biodiversidade e elevação da fragilidade ambiental. Necessitando que as mesmas apresentem manejo em suas terras para reduzir o escoamento superficial e o carreamento de sedimentos aos mananciais, sobretudo em uma bacia com predomínio de solos arenosos e intemperizados.

Já a classe de solo úmido representou um total de 5,89%, sendo caracterizada como áreas de várzeas, encontradas ao longo das cercanias dos mananciais da bacia hidrográfica e por ter um relevo relativamente plano, essas áreas úmidas ganham destaque no baixo curso da BHRSP.

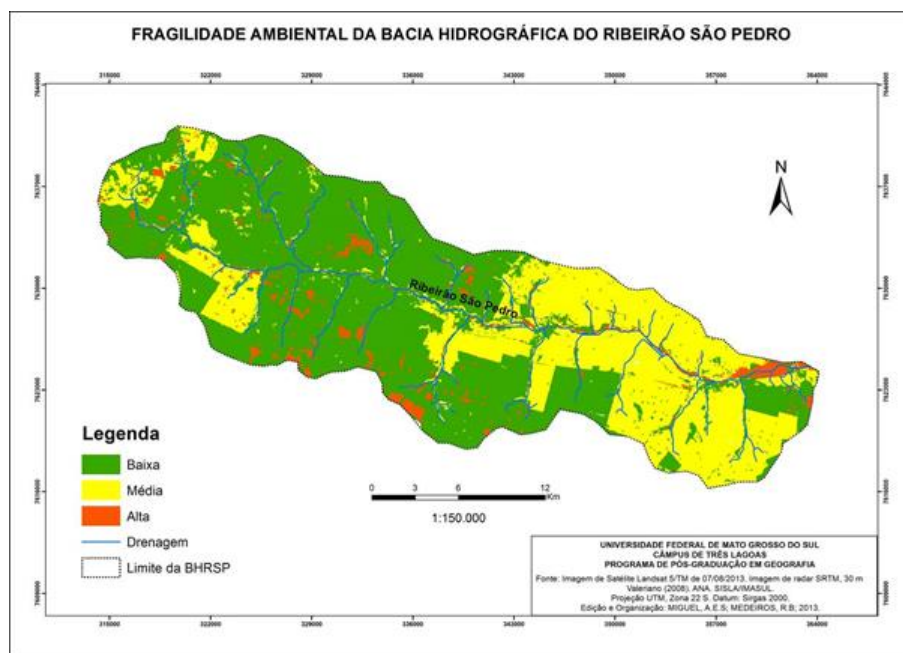
A classe água na interpretação da imagem de satélite sofre algumas alterações, pois o topo das árvores mascara o curso do rio, não dando um valor exato da quantidade de água existente na bacia, dessa forma, esta classe apresentou 2,87 km<sup>2</sup> ou 0,53%.

Com relação à classe de solo exposto, que foi representada por áreas sem cobertura vegetal sendo elas para preparação de terra para novo plantio ou até mesmo erosões e apresentou 5,07 km<sup>2</sup> ou 0,91% do total da área da bacia.

As informações adquiridas e as mesmas, interpoladas, trazem consigo o apontamento e identificação da fragilidade ambiental, que Spörl e Ross (2004) afirmam que são de extrema importância ao planejamento ambiental, onde a identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes proporcionam uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão do território.

A análise dessa fragilidade ambiental permite um diagnóstico sobre as fragilidades de uma bacia hidrográfica perante as diversas pressões exercidas sobre a mesma. Essa informação é favorável ao planejamento ambiental, pois possibilita identificar locais onde essas pressões exercidas têm potencial para causar uma maior degradação ambiental. A fragilidade ambiental é demonstrada a Figura 6 e descritas na Tabela 5.





**Figura 6**  
Fragilidade Ambiental da BHRSP  
IMAGEM DE SATÉLITE LANDSAT 5/TM de 07-08-2013; Imagem  
Radar SRTM, 30 m Valeriano (2008); ANA; SISLA/IMASUL

**Tabela 5:**  
Fragilidade Ambiental e suas respectivas características encontradas na bacia em (km<sup>2</sup>) e (%)

Pesos	Categoria Hierárquica	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
1	Muito Baixa	0,00	0,00
2	Baixa	342,20	60,44
3	Média	199,23	35,18
4	Alta	24,81	4,38
		566,24	100,00

Adaptada de Ross (1994).

A BHRSP não foi possível encontrar a categoria de fragilidade muito baixa, apesar de ter variáveis com essa classificação, com a junção das informações da bacia, se enquadraram em outras classes, nesta área de terreno. A categoria baixa se mostrou dominante na bacia, representando 60,44% do total da área, se tornando presentes em matas e pastagens, como também pela pluviosidade se enquadrar nesta classe.

Esta classe, apesar de ser considerada baixa, deve ganhar destaque pelo sua extensão e por apresentar questões a serem ponderadas, a primeira delas é que apresentam solos arenosos, que se alteradas os usos da terras, podem sofrer consequências irreversíveis para o ambiente, necessitando que as mesmas sejam monitoradas.

A outra questão diz respeito as áreas de declividade, por mais que grande parte apresenta-se em terrenos planos, algumas regiões apresentam relevo suave ondulado a ondulado, que se somar com questões relativas aos solos e precipitações elevadas, podem causar impactos ambientais na BHRSP.



A categoria de fragilidade média representa 35,18% da área da bacia, sendo que grande parte do plantio de Lavoura Temporária e Silvicultura se encontrou nessa classe. A classe de fragilidade alta se apresentou em uma área de 24,81km<sup>2</sup> ou 4,38% da área total da bacia, sendo encontrados em áreas de solo úmido e áreas distribuídas pela bacia, sendo que a lavoura temporária se enquadrou nesta classe, mas devido à interpolação com as outras variáveis necessárias para a elaboração da carta de fragilidade ambiental, foi classificada como áreas de fragilidade média. Já a categoria muito alta não foi encontrada.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a bacia hidrográfica, por ser uma área extremamente dinâmica, necessita de um diagnóstico de todas as características do local, onde uma mudança simples em um determinado fator pode alterar a fragilidade do local e modifica todos os recursos naturais. Por isso se vê necessário a análise de todas as variáveis, a fim de elaborar um estudo mais detalhado e rico em informações.

É importante frisar que o trabalho foi desenvolvido em ambiente digital, sendo o SIG um instrumento de grande importância no requisito de análise ambiental, pois com ele é gerado diversos parâmetros para auxiliar a realização de um planejamento do meio físico desta área e estudos que contribuam para o uso sustentável da bacia.

Logo, os mapas foram ferramentas essenciais para o alcance da análise ambiental. Os resultados obtidos nas imagens de satélite devido ao software Spring<sup>®</sup> 5.0.6 e ArcGis<sup>®</sup> 10, permitiram explicar e catalogar os dados, evidenciando as mudanças ocorridas no ambiente, apresentando as principais alterações e seus efeitos que refletem diretamente nas estruturas naturais.

Na BHRSP predominam relevo suavemente aplainado, recobertos por latossolos vermelho, que são solos constituídos de material mineral, normalmente profundos encontrados em região planas como esta. Através da carta de declividade, foi possível notar que grande área da bacia se encontrou em uma declividade de 0 a 6 %, apenas pequenas áreas da bacia se mostraram de outras classes de declive.

Na bacia nota-se que existe uma extensa área voltada para pastagens e grande parte dessa área utilizada para pecuária, como também existe uma área relativamente grande de lavoura temporária que na bacia corresponde a plantação de cana de açúcar, devido principalmente devido à instalação das empresas Brochmann Polismas e Companhia Brasileira de Açúcar e Alcool (CBAA) que são voltadas à esse cultivo. Juntamente a isso, na bacia se inicia o cultivo de eucalipto, que vem se expandindo no leste do estado de Mato Grosso do Sul.

De forma geral, a bacia obteve um elevado grau de fragilidade baixa, totalizando 342,20 km<sup>2</sup>, o que mostra que não é uma área extremamente frágil perante aos processos erosivos e à ação antrópica, porém é necessária esta análise, para apontar as fragilidades encontradas, subsidiando

futuramente ações que contribuam para um melhor ordenamento da bacia, visando a melhora de seus recursos naturais.

## REFERÊNCIAS

- BARRELLA, W. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO; H. F. (Ed.) Matas ciliares: conservação e recuperação. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001. 320p.
- BOTELHO, R. G. M. & SILVA, A. S. Bacias Hidrográficas e Qualidade Ambiental. IN: Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. Antônio Carlos Vitte & Antônio José Teixeira Guerra (Org.). Rio de Janeiro, Bertrand, 2004.
- BRASIL. LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997 Institui a Política Nacional de Mananciais hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Mananciais hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S. de; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA C.C.F. - Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico Econômico e ao Ordenamento Territorial. São José dos Campos, Junho de 2001 (INPE 8454-RPQ/722).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Agroindustrial Tropical. Análise da vulnerabilidade ambiental. Fortaleza, CE. 2010. 47p.
- GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas. In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. Geomorfologia: uma atualização de base e conceitos. Bertrand Brasil. 3ªed. Rio de Janeiro, 1998.p. 149-209.
- LEPSCH, I. F. Formação e Conservação dos solos. São Paulo: Oficina de Textos, 2002, 178p
- OLIVEIRA, A.M.M.; PINTO, S.A.F.; LOMBARDI NETO, F. Caracterização de indicadores da erosão do solo em bacias hidrográficas com o suporte de geotecnologias e modelo predictivo. Estudos Geográficos, Rio Claro, v.5, p.63-86, 2007.
- RAMALHO-FILHO, A.; BEEK, K. J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65 p.
- RATCLIFFE, D. A. Criteria for the selection of nature reserves. Advancement of Sciences, 27. 1971. pp. 294-296.
- ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. Revista do Departamento de Geografia. n. 8, p.63-74. 1994.
- SANTOS, E. Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Jirau município de Dois Vizinhos – Paraná. 2005. 141f. Tese (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- SANTOS, P. A. F.; CANALI, N. E.; OKA FIORI, C. Fragilidade Ambiental da bacia do Rio Ipiranga – PR. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/ Regional Conference on Geomorphology. Goiânia, 2006.

- SISLA/IMASUL - Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental – Disponível em: Acesso em: 7 de Nov. 2013.
- SMITH, P. G. R., and J. B. THEBERGE. A review of criteria used to evaluate natural areas. *Environmental Management* 10:715–734. 1986a.
- SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. São Paulo, *Revista Geosp – Espaço e Tempo*, N°15, pp. 39-49, 2004.
- TAMANINI, M. S. A. Diagnóstico Físico-Ambiental para determinação da fragilidade potencial e emergente da Bacia do Baixo Curso do Rio Passaúna em Araucária – PR. 105 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2008.