

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

CLEITON MESSIAS RODRIGUES ABRÃO

**DIAGNÓSTICO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO SANTO ANTÔNIO, MS COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL**

AQUIDAUANA/MS
2016

CLEITON MESSIAS RODRIGUES ABRÃO

DIAGNÓSTICO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTO ANTÔNIO, MS COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Geografia, como exigência do curso de Mestrado em Geografia do Campus de Aquidauana da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob orientação do Prof.Dr. Vitor Matheus Bacani.

Orientador: Prof. Dr. Vitor Matheus Bacani

AQUIDAUANA/MS
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Seção de Biblioteca – CPAQ/UFMS, Aquidauana, MS, Brasil)

A158 Abrão, Cleiton Messias Rodrigues
 Diagnóstico da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio
Santo Antônio, MS como subsídio ao planejamento ambiental/ Cleiton
Messias Rodrigues Abrão. -- Aquidauana, MS, 2016.
85 f. ; il. (algumas color.); 30 cm.

Orientador: Vitor Matheus Bacani.
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de
Mato Grosso do Sul. Câmpus de Aquidauana.

1. Sensoriamento remoto – Mato Grosso do Sul. 2. -
Geoprocessamento. 3.- Desmatamento – Mato Grosso do Sul . I.
Bacani ,Vitor Matheus. II. Título.

CDD (22) 621.3678

TERMO DE APROVAÇÃO

CLEITON MESSIAS RODRIGUES ABRÃO

DIAGNÓSTICO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTO ANTÔNIO, MS COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL

Dissertação defendida e aprovada em 17 de Março de 2016 pela seguinte comissão examinadora:



Prof. Dr. **Vitor Matheus Bacani** (orientador)



Prof. Dr. **Mauro Henrique Soares da Silva** (UFMS)



Prof. Dr. **Jaime Ferreira da Silva** (UFMS)

Aquidauana - MS, 17 de Março de 2016

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus avós Plácido Vieira de Almeida e América Rodrigues de Almeida, pessoas que tanto me falaram sobre este rio, onde ele nasce e os lugares que ele percorre. Com tantas histórias contadas, tive a curiosidade de estudar e contribuir para a sua preservação e com as pessoas que próximo a ele vivem. Dedico também a minha mãe Ramona Elza Rodrigues de Almeida e meu irmão Aldo Rodrigues Lemos, pelo apoio e incentivo aos estudos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus, pela ajuda espiritual, por me guiar pelos caminhos certos e me abençoar com mais esta conquista em minha vida.

Agradeço a todos que me ajudaram diretamente ou indiretamente nesta pesquisa, em especial ao meu orientador, Prof. Dr. Vitor Matheus Bacani, pela orientação, confiança, amizade e por me mostrar novos caminhos da geografia.

A todos os professores do programa de pós-graduação em geografia. À coordenadora do programa, Profa. Dra. Eva Teixeira dos Santos, pelo apoio na pesquisa, enquanto o Prof. Vitor esteve afastado. Ao Prof. Dr. Jaime Ferreira da Silva, pelo auxílio nos trabalhos de campo e nas valiosas críticas e sugestões no exame de qualificação e na banca final.

Ao Prof. Dr. Mauro Henrique de Oliveira, pela participação no exame de qualificação e na banca final, trazendo grandes contribuições à pesquisa. Ao Prof. Dr. Sidney Kuerten, pelo seu apoio e incentivo para prosseguir nos estudos, e ao Prof. Me. Edwaldo Henrique Bazana Barbosa pela grande ajuda no processo seletivo.

A todos os colegas de curso, em especial a Elvira, Ana Fábria, Larissa e Eliezer, pelas novas amizades construídas e momentos de descontração e apoio nos mais difíceis. Aos colegas do Laboratório de Geoprocessamento (LabGeo), pelo grande apoio e auxílio no trabalho de campo, além de diversos momentos de descontração: Elias, Felix e Bruno. À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Campus de Aquidauana (CPAq), pelo auxílio no trabalho de campo. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal em Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos colegas de moradia em Aquidauana, Raíza, Danielle e Alam, que me acolheu na cidade, a quem serei sempre grato. Às pessoas que conheci em Aquidauana e se tornaram minhas amigas - sempre me lembrarei de vocês. Aos meus familiares, em especial à minha mãe, Ramona Elza Rodrigues de Almeida, Aldo Rodrigues Lemos e meus avós Plácido Vieira de Almeida e América Rodrigues de Almeida, a quem dedico este trabalho.

RESUMO

As constantes ações antrópicas sobre o espaço geográfico vêm causando graves problemas aos sistemas naturais. Por isso, é necessário, antes de ocupar, conhecer as potencialidades e fragilidades desses ambientes. Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo diagnosticar a fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do rio Santo Antônio e propor um zoneamento ambiental preliminar com vista a um ordenamento territorial. Para isso, utilizou-se a metodologia de Ross (1994 e 2012) da fragilidade potencial e ambiental, apoiada em dados de sensoriamento remoto e por técnicas de geoprocessamento (álgebra de mapas, buffer) para elaboração dos materiais cartográficos. Utilizaram-se imagens dos satélites Landsat 5, 7 e 8 para o mapeamento das mudanças de uso da terra e cobertura vegetal em três períodos: 1986, 2000 e 2014. A fragilidade ambiental foi elaborada a partir da combinação dos mapas de fragilidade potencial com o mapa temático de uso e cobertura da terra de 2014. Os resultados demonstram que há predomínio de média fragilidade ambiental (74,81%), associada à ocupação majoritária da bacia pela pastagem, que ocupa 52,1% da área total. Em relação às Áreas de Preservação Permanente (APP), existem conflitos com tipos de uso, tendo sido possível observá-las ocupadas irregularmente por pastagem e agricultura e, conseqüentemente, com danos aos recursos hídricos. Considerando a situação em que se encontra a bacia, foi proposto um zoneamento ambiental preliminar com seis áreas pré-estabelecidas com critérios com diretrizes de uso e ocupação da área de modo sustentável com recomendações e restrições em áreas mais frágeis, bem como proposições de recuperação dos problemas existentes na bacia.

Palavras-Chave: Sensoriamento remoto. Geoprocessamento. Uso da terra. Desmatamento. Uso sustentável.

ABSTRACT

The constant anthropic actions over the geographic space has cause severe problems to natural system. There fore, it is necessary before occupying know the potentialities and fragilities of such environments. Thus, this study aims to diagnose the environmental fragility of the Hydrographic Basin of Santo Antonio River as well as suggest an initial environmental zoning seeking a territorial planning. For this purpose, it was used Ross's (1994 and 2012) methodology of potential and environmental fragility supported by remote sense data as well as geoprocessing techniques (algebra mapping, buffer) developing cartographic material. It was used images from Landsat satellites 5, 7 and 8 in order to mapping changes on land use and vegetation cover during three periods: 1986, 2000 and 2014. The environmental fragility was developed from the combination of potential fragility maps and theme maps of land use and cover of 2014. The results have shown that there is predominance of medium environmental fragility (74,81%), associated to the major occupation of the basin by pasture, which occupies 52,1% of the total area. Regarding the Permanent Preservation Area (PPA) there are conflicts of use types, where it was possible to observe areas improperly occupied with pasture and agriculture and there fore damage to the water resources. Giving the situation in which the basin is found, it was proposed an initial environmental planning with use and occupation guidelines of the area in a sustainable manner with recommendations and limitations of use in vulnerable areas, such as proposition of recovering degrades areas.

key words: Remote sensing. Geoprocessing. Land use. Deforestation. Sustainable use.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo.....	31
Figura 2 – Fluxograma com procedimentos metodológicos adotados	34
Figura 3 - Representação dos pontos amostrais usados na validação estatística dos mapas de uso da terra e cobertura vegetal	42
Figura 4 – Mapa de declividade	44
Figura 5 – Mapa de áreas prioritárias para conservação da biodiversidade na BHRSA	46
Figura 6 – Mapa de média anual de precipitação na área de estudo.....	47
Figura 7 – Cálculo da intensidade pluviométrica para BHRSA.....	48
Figura 8 – Mapa de solos da BHRSA.....	49
Figura 9 – Mapa de fragilidade potencial da BHRSA	51
Figura 10 – Classes de uso da terra pela pastagem na BHRSA.....	53
Figura 11 – Classes de uso da terra pela agricultura na BHRSA.....	53
Figura 12 - Classes de uso da terra pela silvicultura na BHRSA.....	54
Figura 13 – Classes de uso e cobertura da terra na BHRSA	55
Figura 14 – Área coberta por vegetação tipo Savana/Floresta Estacional Decidual Submontana na BHRSA.....	55
Figura 15 – Classes de cobertura vegetal próximo aos canais fluviais na BHRSA	56
Figura 16 – Mapa de fragilidade ambiental	57
Figura 17 – Áreas de média e fraca fragilidade ambiental na BHRSA	58
Figura 18 – Áreas de forte fragilidade ambiental.....	59
Figura 19 – Área de fragilidade ambiental muito forte	60
Figura 20 – Mapa de uso da terra e cobertura vegetal - 1986.....	62
Figura 21 – Mapa de uso da terra e cobertura vegetal - 2000.....	63
Figura 22 – Mapa de uso da terra e cobertura vegetal 2014.....	63
Figura 23 – Comparação nas mudanças do uso da terra e redução na cobertura vegetal da BHRSA	64
Figura 24 - Área praticada pela agricultura convencional.....	65
Figura 25 – Especialização das APPs na BHRSA	68
Figura 26 – Mapa das áreas em conflito entre APPs e uso da terra	69
Figura 27 – Classes de uso da terra em áreas de APPs.....	71
Figura 28 – Afluentes do rio Santo Antônio assoreados	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estações Pluviométricas	36
Tabela 2 - Classes de APP e suas dimensões	40
Tabela 3 – Níveis de exatidão e avaliação do índice <i>Kappa</i>	43
Tabela 4 – Quantificação das classes de declividade na BHRSA.....	45
Tabela 5 – Quantificação das áreas prioritárias para conservação da biodiversidade	47
Tabela 6 – Quantificação das classes de solo na BHRSA	49
Tabela 7 – Quantificação da fragilidade potencial na BHRSA.....	52
Tabela 8 - Peso de Fragilidade atribuído às classes de uso da terra e cobertura vegetal.....	57
Tabela 9 - Quantificação da fragilidade ambiental na BHRSA	58
Tabela 10 – Quantificação do uso da terra e cobertura vegetal na BHRSA para os anos de 1986, 2000 e 2014.....	61
Tabela 11 – Parâmetros estatísticos do mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal.....	65
Tabela 12 – Quantificação das APPs na BHRSA.....	68
Tabela 13 – Quantificação das classes em conflito com APPs	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Adaptação metodológica para calcular a intensidade pluviométrica	
.....	36
Quadro 2 - Chave de interpretação para as classes mapeadas.....	38
Quadro 3 – Proposta de Zoneamento Ambiental para BHRSA.....	73

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas
APA - Área de Proteção Ambiental
APPs – Áreas de Preservação Permanente
BDG –Banco de Dados Geográficos
BHRSa – Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio
CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior
CBERS - *China-Brasil Earth Resources Satellite*
CBH - Comitê de Bacia Hidrográfica
CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DSG - Diretoria de Serviço Geográfico
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa
ERTS - *Earth Resources Technology Satellite*
ETM - Enhanced Thematic Mapper
ETM+ - Enhanced Thematic Mapper Plus
GLCF - *Global Land Cover Facility*
GNSS – *Global Navigation Satellite Systems*
GO - Goiás
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDW – Inverse Distance Weighted
IMASUL - Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LANDSAT - *Land Remote Sensing Satellite*
LEGAL – Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrica
LIDAR - *Light Detection And Ranging*
MMA – Ministério do Meio Ambiente
MS – Mato Grosso do Sul
MSS - *Multispectral Scanner System*
NASA – Agência Espacial Norte Americana
OLI - *Operational Land Imager*
PDI - Processamento Digital de Imagens

PI - Plano de Informações

PI - Piauí

RBV–*Return Beam Vidicom*

SEMAC – Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Cultura

SiBCS - Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos

SISLA - Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental

SNGRH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SPRING - Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas

SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*

SIGs – Sistemas de Informação Geográfica

SP – São Paulo

TM - *Thematic Mapper*

TIRS - *Thermal Infrared Sensor*

UC - Unidades de Conservação

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

UPG - Unidades de Planejamento e Gerenciamento

USGS - Serviço Geológico dos Estados Unidos

ZEE - Zoneamento Ecológico Econômico

WGS – World Geodetic System

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos	15
1.1.1 Objetivo Geral	15
1.1.2 Objetivo Específico	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Da Teoria Ecodinâmica à Fragilidade Ambiental.....	16
2.2 Bacias Hidrográficas como Unidade de Planejamento e Ordenamento Físico Territorial.....	20
2.3 O Sensoriamento Remoto	22
2.4 Geoprocessamento	25
2.5 Geotecnologias como Suporte ao Planejamento Ambiental	28
3. METODOLOGIA	31
3.1 Localização da Área de Estudo.....	31
3.2 Caracterização Física da Área de Estudo	32
3.3 Caracterização Socioeconômica.....	33
3.4 Procedimentos Metodológicos	34
3.4.1 Materiais e Métodos	34
3.4.2 Delimitação da Bacia e Vetorização da Rede de Drenagem	35
3.4.3 Mapeamento da Fragilidade Potencial	35
3.4.4 Mapeamento do Uso da Terra e Cobertura Vegetal.....	36
3.4.5 Mapeamento da Fragilidade Ambiental	39
3.4.6 Mapeamento das APPS e Conflitos entre Uso da terra.....	40
3.4.7 Trabalho de Campo	41
3.4.8 Validação dos Mapas de Uso da Terra e Cobertura Vegetal.....	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1 Declividade	44
4.2 Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade.....	45

4.3 Intensidade Pluviométrica	47
4.4 Classes de Solo	48
4.5 Fragilidade Potencial	50
4.6 Uso da Terra e Cobertura Vegetal.....	52
4.7 Fragilidade Ambiental	56
4.8 Avaliação das Transformações no Uso da Terra e Cobertura Vegetal Relacionado com os Níveis de Fragilidade na BHRSA	60
4.9 Validação do Mapeamento de Uso da Terra e Cobertura Vegetal.....	65
4.10 Conflitos legal entre Uso da Terra e APPs	67
5. PROPOSTA PARA ZONEAMENTO AMBIENTAL NA BHRSA	73
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
REFERÊNCIAS	
ANEXOS	

1 INTRODUÇÃO

A análise da fragilidade dos grandes sistemas naturais, em especial das bacias hidrográficas, vem sendo utilizada como base para o zoneamento e ordenamento físico territorial dessas áreas. Esses estudos com essa abordagem na área da geografia têm por finalidade propor uma melhor forma de ocupação do espaço e uso dos recursos naturais como água doce, solo e vegetação, que são fontes de alimento e sustento para a sociedade humana. Sendo assim, uma bacia hidrográfica pode ser considerada como uma unidade natural de gestão, conservação da biodiversidade, proteção de locais considerados frágeis do meio ambiente e normatizações de preservação e uso (LIMA, 2008; NASCIMENTO; VILLAÇA, 2008).

Nesse sentido, com conhecimento da fragilidade e potencialidade de cada espaço natural, é possível estabelecer diretrizes de ocupação ordenada do território, por meio de resultados que combinam as características físicas e antrópicas que compõem os ambientes (ROSS, 2012 e 1994). Devido às constantes mudanças na paisagem pela ação antrópica nos últimos anos, é necessário monitorar periodicamente o avanço e os impactos da ação antrópica na superfície terrestre (LANG; BLASCHKE, 2009). Aliado a essa proposta teórico metodológica está o avanço nas áreas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, que vêm se tornando ferramentas de subsídios ao monitoramento, ordenamento e gestão do território.

É relevante propor medidas de melhor utilização dos recursos das bacias hidrográficas, definindo áreas mais adequadas para desenvolver atividades, bem como prevenir a ocupação dos locais mais frágeis e propor a recuperação daquelas que estejam degradadas ou ocupadas irregularmente, como é muitas vezes o caso de Áreas de Preservação Permanentes (APPs). Nesse contexto, está a Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio (BHRSA), que vem passando por um processo de ocupação intensiva nos últimos anos.

A BHRSA tem grande importância para os municípios, como fonte de água para irrigação de lavouras, sendo responsável por 100% do abastecimento público da cidade de Guia Lopes da Laguna, de acordo com dados disponibilizados pela Agência Nacional das Águas (ANA, 2015). Além disso, é um importante afluente do rio Miranda, que transporta grandes quantidades de materiais para o Pantanal.

Existem estudos de maior abrangência espacial, contemplando informações a respeito da bacia hidrográfica do rio Miranda, à qual a BHRSA pertence (MATO GROSSO DO SUL, 2013, 2010; PEREIRA et al. 2004), entretanto as informações são generalizadas e não detalham as sub-bacias. Sendo assim, esse estudo busca fornecer um diagnóstico atual da BHRSA e propor um zoneamento preliminar de ocupação ordenada do seu território.

Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema, para embasamento teórico metodológico apresentado no segundo capítulo. Em outra parte, realizou-se a caracterização das condições físicas e socioeconômicas presentes na BHRSA, pois essas são de grande valor para a discussão dos resultados, podendo estar associada à atual situação da área. Em seguida, foram apresentados os resultados em forma de mapas, gráficos, tabelas e fotos obtidas em trabalho de campo, que revelam as condições físicas e tipos de uso da terra praticados na BHRSA.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo geral diagnosticar a fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, MS, com vista a um ordenamento territorial sustentável.

1.1.2 Objetivos Específicos

- 1 - Analisar a evolução dos tipos de uso e cobertura da terra ao longo do tempo e do espaço;
- 2 - Avaliar os índices de fragilidade potencial e ambiental da BHRSA; e
- 3 - Identificar os problemas ambientais na BHRSA, bem como os principais fatores responsáveis;
- 4 - Propor um zoneamento ambiental preliminar, capaz de indicar áreas prioritárias a preservação, recuperação e uso sustentável.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Da Teoria Ecodinâmica à Fragilidade Ambiental

As discussões teóricas e metodológicas com relação aos estudos de geografia física surgiram no século XIX na escola francesa de Vidal de La Blache (MENDONÇA, 1989). Para La Blache, a geografia era considerada a ciência do estudo dos lugares e não dos homens. A geografia física era puramente descritiva, regionalizada. No entanto, esse velho método foi superado pela visão de geógrafos e ecologistas, pois, segundo Mendonça (1989), as constantes modificações feitas pelo homem sobre a natureza provocaram reflexões no discurso geográfico desse período. Buscou-se, a partir de então, uma análise integrada dos ambientes naturais, calcadas em abordagens teóricas e metodológicas, em estudos que passaram a considerar os elementos naturais e as constantes intervenções antrópicas que continuamente provocavam desequilíbrios e modificações nas paisagens (ROSS, 2009). Para estudar essa interação, a geografia se utilizou das seguintes propostas metodológicas: teoria geral dos sistemas, geossistêmica e ecodinâmica ou ecogeografia.

A teoria geral dos sistemas foi desenvolvida inicialmente nos Estados Unidos, na década de 20, e mais tarde incorporada aos estudos de geografia (MENDONÇA, 1989). De uma forma geral, a abordagem sistêmica propõe uma análise integrada dos elementos naturais que formam a paisagem (*Landschaft*). Segundo Rodrigues e Silva (2002), a geografia tradicional tinha por método analisar os componentes da paisagem de forma isolada, prejudicando uma interpretação mais precisa sobre a existência de inter-relações de troca de matéria e energia entre os elementos que compõe um sistema, como, por exemplo, uma bacia hidrográfica. Nesse sentido, não havia estudos que contemplassem essas discussões da ação humana sobre os recursos naturais.

Essas discussões entraram no campo da geografia física, na qual embasaram e contribuíram para aprimoramento das bases metodológicas da teoria geossistêmica e das unidades ecodinâmicas (BACANI, 2010). A teoria geossistêmica foi inicialmente preconizada por Vitor B. Sotchava, na antiga União Soviética, em 1960. Segundo Rodriguez e Silva (2001), as condições políticas daquele país favoreceram o seu surgimento, devido à forma centrada de planejamento territorial que tinha por visão conhecer os ambientes naturais de forma

integrada para, mais adiante, explorar seus recursos naturais. No entanto, esse método foi difundido no mundo por meio da escola francesa, tendo como principal nome o geógrafo George Bertrand, que publicou um trabalho no Brasil em 1972.

Nesse trabalho, Bertrand (1972) estabeleceu um sistema taxonômico para analisar as unidades de paisagens e as dividiu em dois grupos: unidades superiores e unidades inferiores. As unidades superiores sofrem principalmente influências climáticas e estruturais, sendo subdivididas em grandezas de I a IV (G. I a G. IV). Nas unidades inferiores, estão presentes os elementos biogeográficos e antrópicos, sendo subdivididos em grandezas de V a VII (G. V a G. VII). Para Bertrand (1972), a paisagem é uma porção do espaço onde ocorre a combinação dinâmica de fatores naturais, biológicos e antrópicos que estão em constante evolução.

As unidades superiores compreendem a zona de G. I, com tamanho representado em uma escala planetária sob influência do clima que, conseqüentemente, afeta a distribuição dos biomas terrestres e aquáticos, como as zonas temperadas, tropicais, intertropicais e polares. A segunda unidade, domínio, pertencente a G. II, é caracterizada pela combinação de aspectos topográficos e climáticos, como, por exemplo, o domínio atlântico na costa leste do Brasil. E, por último, a região natural de G. III e IV no interior de um domínio, caracterizada pelo tipo de vegetação. Nas unidades inferiores, estão o geossistema, geofáceis e geótopo (BERTRAND, 1972).

Segundo Bertrand (1972), um geossistema compreende uma unidade territorial com alguns quilômetros quadrados (Km²), onde acontece a maioria dos fenômenos naturais de grandeza IV e V. Constitui-se de uma base para estudos sobre a organização do espaço que são eminentemente de interesse para os geógrafos. O autor ainda descreve que é resultado da combinação das condições geomorfológicas, climáticas e hidrológicas que fazem parte do “potencial ecológico” do geossistema.

Esse potencial ecológico é quem delimita a “exploração biológica” e essa é resultante dos seres vivos, ou seja, as condições naturais que o ambiente fornece determinam o tipo de flora, solo e fauna. O geossistema está em estado de clímax ou equilíbrio quando há harmonia entre essas forças (BERTRAND, 1972). Sotchava (1978) apud Bacani (2010) elucida que o geossistema possui “fenômenos naturais”, mas que também sofre influência de fatores econômicos, sociais e culturais.

Os geofáceis, de G. VI, estão inseridos no interior de um geossistema, com características fisionômicas homogêneas. Os geofácies exprimem cadeias progressivas ou regressivas, como também estágio final do geossistema, com estrutura dinâmica de ordem ecológica. (BERTRAND, 1972). O geótopo, de G. VII, corresponde à menor escala de análise da paisagem, localizado em locais com uma microfauna muitas vezes endêmica, ou seja, rara, que é encontrada somente em uma parte dos ecossistemas que apresentam condições específicas para sua vida.

Em 1977, o geógrafo francês Jean Tricart apresentou a teoria ecodinâmica, que, segundo Bacani (2010), é uma evolução teórica metodológica da teoria geossistêmica que passou a fazer parte do referencial teórico metodológico de geografia física, com o objetivo de subsidiar o planejamento e gestão do território. Mais recentemente, em 1992, foi publicada uma nova versão da obra denominada Ecogeografia (TRICART; KIEWIETDEJONGE, 1992) e Ecogeografia do Brasil de Ross (2009).

As bases teórico-metodológicas das unidades ecodinâmicas têm por critérios apreciar o meio ambiente de forma conjunta, onde os ambientes naturais estão em equilíbrio, com atuação dos processos morfogênicos ou pedogenéticos, bem como os dois atuando ao mesmo tempo. No entanto, esse equilíbrio pode ser rompido por fenômenos naturais associados a eventos de vulcanismo, abalos sísmicos e terremotos ou causados pela inserção das atividades antrópicas que acabam, muitas vezes, provocando desequilíbrios.

A teoria ecodinâmica tem boa parte de sua fundamentação ligada à ecologia, ao perceber a interação entre os ecossistemas e sua relação com os seres vivos, bem como o contínuo fluxo e troca de matéria e energia que existem nesses ambientes (TRICART, 1977). As unidades ecodinâmicas são classificadas em: meios estáveis, meios intergrades e meios instáveis.

Os meios estáveis são caracterizados pela lenta dissecação do relevo. Além disso, são ambientes que possuem a presença de cobertura vegetal fechada e ausência de eventos catastróficos, como o vulcanismo. Os meios intergrades são caracterizados pela presença da morfogênese e pedogênese de forma constante. São áreas consideradas vulneráveis para o uso e podem sofrer danos, caso sejam modificadas com a erosão e assoreamento dos cursos d'água.

Os meios instáveis são caracterizados pela influência predominante da morfogênese na dinâmica natural ou pela ação antrópica. Os desequilíbrios são

gerados a partir da remoção da cobertura vegetal que deixa o solo exposto, sujeito à perda dos seus agregados pelo escoamento superficial e, com isso, à instauração de processos erosivos que evoluem para ravinas e voçorocas, ou seja, uma série de fatores desencadeados em sequência (TRICART, 1977).

A base teórico-metodológica das unidades ecodinâmicas foi utilizada por Ross (1994, 2009 e 2012) como método para o planejamento físico territorial dos ambientes naturais, levando em conta sua fragilidade potencial e sua fragilidade ambiental. Para se aplicar o planejamento, é importante conhecer os agentes presentes em cada território, a fim de buscar apoio desses agentes e compreender sua dinâmica, que está relacionada ao uso dos recursos naturais ali disponíveis.

Segundo Ross (1994), a fragilidade dos ambientes é maior ou menor devido às características naturais associadas aos tipos de uso da terra pela sociedade que, muitas vezes, utiliza os recursos naturais de forma inadequada ou sem práticas conservacionistas para proteção dos bens naturais, como solo, vegetação e água. Nos últimos anos, esse uso exacerbado dos recursos naturais está associado a mudanças econômicas e socioculturais, como o aumento da renda e consumo e aumento da população, que cada vez mais demanda por recursos extraídos da natureza (ROSS, 2009).

Com esse modelo empírico de avaliar a fragilidade dos ambientes naturais, é possível estabelecer diretrizes de ocupação ordenada no espaço, por meio dos resultados da combinação de dados de solo, declividade e uso e cobertura da terra (ROSS, 1994). Em uma nova versão da metodologia, revisada e atualizada, Ross (2012) passou a incluir a variável climática (intensidade, volume e duração) como elemento importante para conhecer as fragilidades do ambiente.

Para isso, é necessária a combinação de produtos intermediários referente às características genéticas dos ambientes, que será a fragilidade potencial ou de instabilidade potencial. Segundo Kawakubo et al. (2005), a fragilidade potencial é a vulnerabilidade natural do ambiente associado a suas características físicas, como pode ser à geologia, declividade, solo, e índice pluviométrico. Neste trabalho, propõe-se a utilização da variável Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade como um dos elementos que indicam diferentes tipos de vulnerabilidade a conservação da flora e fauna (PIRES et al., 2015). Já a fragilidade ambiental é a vulnerabilidade natural somada com os tipos de uso da terra e cobertura vegetal que oferecem certo grau de proteção ao solo (ROSS, 1994).

Para que essa proposta metodológica fosse utilizada no planejamento, Ross (1994 e 2012) apresentou os seguintes graus de fragilidade potencial e ambiental: muito fraca, fraca, média, forte e muito forte. Os graus são associados a uma ordem numérica de 1 a 5, ou seja, muito fraca (1), fraca (2), média (3), forte (4) e muito forte (5). Também é salientado por Ross (2009 e 2012) o avanço das tecnologias da informação e uso das imagens derivadas de sensoriamento remoto como ferramenta para o mapeamento das condições genéticas e uso da terra e cobertura da terra, com a vantagem de permitir análises multitemporais da paisagem.

2.2 Bacias Hidrográficas como Unidade de Planejamento e Ordenamento Físico Territorial

Segundo Nascimento e Villaça (2008), nos últimos anos, o homem se conscientizou sobre a importância da água como bem natural que poderá ser exaurido com mau uso, desperdício e contaminação. Nesse contexto, segundo Rodrigues e Adami (2005), as bacias hidrográficas passaram a ser vistas como referência espacial ou unidade natural de planejamento ou manejo que integra componentes naturais e antrópicos.

Segundo Ross e Del Prette (1998), a maioria dos problemas nas bacias hidrográficas advém do mau planejamento territorial, ocupações irregulares em áreas protegidas ou de riscos, que acarretam em problemas, como a poluição por efluentes domésticos nas grandes cidades, assoreamento dos rios, contaminação da água por agrotóxicos. Por isso, é cada vez mais comum tomar esse espaço delimitado naturalmente como “âncora” de planejamento (ROSS; DEL PRETTE, 1998).

Qualquer área da superfície terrestre pertence a uma bacia hidrográfica, que, segundo Rodrigues e Adami (2005), integram um grande sistema aberto de troca de energia (*input* o *output*) entre a atmosfera e a biosfera, transportando materiais líquidos e sólidos próximos à superfície. O conjunto de canais forma a rede de drenagem que fluem em direção ao canal principal até as áreas mais baixas do relevo (CHRISTOFOLETTI, 1980). A bacia é delimitada naturalmente a partir dos chamados divisores de água, que são aquelas áreas com maior altimetria, o que influencia na direção do escoamento superficial e subsuperficial (GUERRA, 2012).

Segundo Botelho e Silva (2011), a bacia hidrográfica é reconhecida como referencia espacial desde o fim dos anos 60, principalmente a partir da publicação de Chorley (1969) *The drainage basin as a fundamental geomorphic* que traz uma abordagem da bacia hidrográfica como unidade geomórfica fundamental. Entretanto, foi a partir da década de 80 que houve aumento nos debates sobre o uso dos recursos naturais, principalmente a água, o que deu maior importância na aplicação da bacia hidrográfica como unidade de planejamento.

Na bacia hidrográfica, é possível visualizar a interação entre os elementos naturais, como a geologia, geomorfologia, solo, vegetação e clima, bem como a intervenção antrópica no ambiente, cuja ação frequentemente prejudica a qualidade ambiental da área e depaupera os recursos, como vegetação, solo e água (ecodinâmica) (BOTELHO; SILVA, 2011). Ao relacionar essas interações, Lima (2008) menciona a delicada ligação existente entre o uso da terra com a vegetação, o solo e água, na qual um elemento que sofra com alterações consequentemente afetará o outro e causará instabilidade no equilíbrio do ambiente.

Para que o planejamento seja realizado de forma ampla, é importante conhecer as potencialidades da bacia, bem como sua vulnerabilidade e fragilidade de uso e ocupação (ROSS, 1994 e 2012). No entanto, geralmente os projetos de planejamento são realizados de forma pontual, não abrangendo toda área da bacia, mas sim obedecendo a limites políticos (NASCIMENTO; VILLAÇA, 2008). Segundo Lima (2008), o manejo de bacias hidrográficas deve ter por finalidade organizar e orientar o processo de ocupação da terra, bem como o uso sustentável dos recursos naturais, de forma conjunta entre a nascente, baixo curso, médio curso e foz, ou seja, deve ser aplicado em todo o limite natural da bacia.

Para que isso fosse cumprido, criaram-se a Política Nacional dos Recursos Hídricos (Lei 9.433 de 08 de janeiro de 1997) e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), que têm como uma de suas finalidades adequar os diferentes tipos de uso na bacia hidrográfica, levando em conta fatores naturais, econômicos e sociais. A partir dessa política, foram elaborados a Política Estadual de Recursos Hídricos do Mato Grosso do Sul e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Lei 2.406 de 29 de janeiro de 2002) e o Plano Estadual dos Recursos Hídricos, que traz um panorama das condições naturais, econômicas e sociais dos recursos hídricos no estado.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos estabeleceu 15 Unidades de Planejamento e Gerenciamento (UPG) e entre elas está a bacia do rio Miranda, à qual o rio Santo Antônio pertence. O plano determina a criação de Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH), com finalidades de propor o uso da água, de maneira que atenda às demandas de forma sustentável dos recursos hídricos. Em 2013, foi lançada pelo CBH do rio Miranda uma versão preliminar, descrevendo as diversas situações de uso, preservação e qualidade da água nas sub-bacias.

Aliadas a esses estudos, estão as ferramentas disponíveis da geotecnologia, como o sensoriamento remoto, que fornece dados de fotografias aéreas, satélite, *Light Detection And Ranging* (LIDAR) e radar; e o geoprocessamento, que permite a manipulação e integração de vários elementos geoespaciais e não espaciais em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), que buscam subsidiar a gestão territorial aplicando-a em bacias hidrográficas. Com o apoio dessas ferramentas e fundamentando-se teórica/metodologicamente em Ross (1994) e Crepani et al. (2001) com ZEE, aparecem diversos trabalhos sobre a fragilidade dos ambientes naturais frente a práticas de uso empregadas pelo homem nesses locais, que serão abordados mais adiante.

2.3 O Sensoriamento Remoto

Segundo Florenzano (2008), o sensoriamento remoto é a tecnologia de adquirir dados e informações à distância sobre objetos e fenômenos da superfície terrestre (alvos), por meio de sensores que captam a energia eletromagnética emitida ou refletida. Jensen (2009) refere-se ao sensoriamento remoto como, além de técnica, uma arte, pois o intérprete deve ter um conhecimento visual empírico das cores, formas e objetos representados na imagem.

Os sistemas de sensores que captam a energia eletromagnética são acoplados em plataformas que podem ser terrestres, instalados em bóias ou em barcos; aéreos, instalados em balões ou aviões; e os orbitais, acoplados a satélites artificiais (MOREIRA, 2007). Além disso, os sensores podem ser ativos ou passivos. Segundo Florenzano (2002), os sensores ativos são aqueles que emitem pulsos de energia de origem própria que é refletida pelo alvo e capturada novamente pelo sensor.

Um exemplo desse sistema sensor são os radares, como o SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Esses sensores possuem a vantagem de operar, tanto na presença de nebulosidade, quanto de dia e à noite. Os sensores passivos dependem de uma fonte externa que emita energia, como o caso do Sol, que emana energia para a Terra, onde é refletida novamente para o espaço e captada pelo sensor óptico. Um exemplo são os satélites da série Landsat (*Land Remote Sensing Satellite*).

Cada tipo de sensor possui características quanto à resolução. Existem vários tipos de resolução: espacial ou geométrica, temporal, espectral e radiométrica. A resolução espacial condiz com o campo de visada do sensor, ou seja, a capacidade que ele possui de discriminar objetos em função do seu tamanho (FLORENZANO, 2011). A resolução temporal é a quantidade de dias que o satélite leva para registrar uma nova cena da área. A resolução espectral refere-se à capacidade do sensor de diferenciar os objetos quanto à sua interação com a energia eletromagnética, por meio das bandas ou canais que ele possui (MOREIRA, 2007). A resolução radiométrica diz respeito à diferença de intensidade de energia refletida ou emitida pelos alvos (NOVO, 2010).

Segundo Moreira (2007), cada alvo da superfície terrestre interage de forma diferente com a energia eletromagnética. Sensores, como o ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) do Landsat 7, que operava em 8 canais ou bandas, são denominados de multiespectrais. O sensoriamento remoto possui diversas aplicações, fornecendo dados para os mais diversos ramos da ciência, como a geologia, hidrologia, biologia, entre outros. Um dos benefícios citado por Florenzano (2011) relaciona-se aos meteorológicos, que contribuem para a contínua atualização da previsão do tempo, que possibilita a prevenção com antecedência contra fortes tempestades e furacões, evitando perdas e danos materiais e humanos.

O monitoramento das mudanças climáticas, derretimento das calotas polares e o monitoramento dos recursos naturais, como vegetação, solo, minérios, é, sem dúvida, seu maior propósito (JENSEN, 2009). Dentre os satélites que contribuem para o monitoramento dos recursos naturais estão os da série Landsat, desenvolvidos pela Agência Espacial Norte Americana (NASA) e pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), que atualmente está operando com sua oitava geração (EMBRAPA, 2014). O primeiro satélite Landsat, antes denominado de ERTS (*Earth Resources Technology Satellite*), foi lançado em 1972 com os

sensores RBV (*Return Beam Vidicom*) e MSS (*Multispectral Scanner Sistem*), que também estavam presentes nos Landsat 2 e 3 (EMBRAPA, 2014). As três primeiras séries possuíam uma resolução temporal de 18 dias.

A partir do Landsat 4, a resolução temporal diminuiu para 16 dias. Nas quarta e quinta gerações, além do sensor MSS, estava presente sensor TM (*Thematic Mapper*), que tinha por objetivo fornecer dados temáticos sobre os recursos naturais para as diversas ciências, com registro em 7 bandas espectrais (três no visível, uma no infravermelho próximo, duas no infravermelho médio e um no infravermelho termal), com resolução espacial de 30 m, menos para a banda termal com 120 m (FLORENZANO, 2011).

O Landsat 6 não obteve sucesso ao explodir no seu lançamento e, em 1999, foi enviado ao espaço o Landsat 7 com o sensor ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) com 8 bandas (três no visível, duas no infravermelho médio, uma no infravermelho próximo, uma no infravermelho termal e a pancromática), sendo que a banda no infravermelho termal teve um aumento na resolução espacial para 60 m e a introdução da banda pancromática (banda 8) com resolução espacial de 15 m (EMBRAPA, 2014). Esse sensor foi uma evolução do ETM (*Enhanced Thematic Mapper*), que estava previsto para operar no Landast 6, ao ampliar as possibilidades de uso dos produtos.

Em 2013, foi lançado o Landsat 8 com os sensores OLI (*Operational Land Imager*) e TIRS (*Thermal Infrared Sensor*). O sensor OLI dará continuidade no fornecimento de dados sobre os recursos naturais, como os seus antecessores TM ETM+. Possui bandas espectrais para coleta de dados na faixa do visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas, além da permanência da banda pancromática com resolução espacial de 15 m (EMBRAPA, 2014).

As imagens de satélite são constantemente atualizadas, devido à sua resolução temporal, uma das vantagens que beneficia o monitoramento das mudanças na paisagem. Segundo Florenzano (2011), o enfoque multitemporal das imagens permite avaliar e monitorar o avanço do desmatamento e sua progressão no decorrer dos anos. Ab' Saber (2003) cita o uso de imagens de satélite como ferramenta para identificar e monitorar o avanço das atividades agropecuárias sobre o bioma da Amazônia e os problemas causados, como desmatamento, processos erosivos, entre outros.

Segundo Jensen (2009), o sensoriamento remoto possui a vantagem de não ser intrusivo, ou seja, de não alterar as condições em que se encontra o objeto ou o fenômeno investigado. No entanto, ele não fornece todos os dados, pois isso dependerá dos objetivos da pesquisa. Os pesquisadores devem selecionar os dados que são de seu interesse e ter um entendimento de como aplicar as informações presentes nesses dados, usando técnicas computacionais que estejam de acordo com a sua manipulação (JENSEN, 2009).

O Brasil vem desenvolvendo pesquisas na área de sensoriamento remoto, por meio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Desde 1960, o país faz parte do seleto grupo de países que têm pesquisa na área de sensoriamento remoto (FLORENZANO, 2011). Atualmente, em parceria com a China, o Brasil desenvolve o projeto CBERS (*China-Brasil Earth Resources Satellite*), que conta com uma série de satélites utilizados para levantamento e monitoramento dos recursos naturais, principalmente na região amazônica.

2.4 Geoprocessamento

Segundo Câmara e Davis (2001), o geoprocessamento é uma disciplina que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas. Os primeiros países a utilizarem essa técnica foram os Estados Unidos e a Inglaterra, com o objetivo de diminuir custos de manutenção e confecção de mapas. Os primeiros Sistemas de Informação Geográfica (SIG) surgiram no Canadá com o propósito de realizar um levantamento dos recursos naturais do território (CÂMARA; DAVIS, 2001).

O avanço tecnológico de computadores e processadores, que estavam ficando cada vez mais velozes, proporcionou um forte crescimento no emprego de geoprocessamento por diversos pesquisadores do mundo, além do avanço na área de sensoriamento remoto que contribuía com o fornecimento de imagens de satélite. No Brasil, a tecnologia foi introduzida, no início dos anos 80, pelo Prof. Jorge Xavier da Silva, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) (CÂMARA; DAVIS, 2001).

Segundo Florenzano (2002), o SIG permite armazenar, manipular e integrar informações geográficas associadas a um par de coordenadas definidas (x, y), ou seja, os dados devem estar georreferenciados. A partir dessa interação entre os

diferentes dados, são geradas novas informações. Dessa forma, por exemplo, a operação de combinação ou álgebra de mapas de solo e declividade resultará na identificação de áreas mais propensas a sofrer com processos erosivos (FITZ, 2008). Acrescentado o uso da terra e cobertura vegetal, pode-se medir o grau de proteção da área, bem como realizar um zoneamento para uso, recuperação e preservação ambiental.

É necessário inserir dados e informação que ficam armazenadas no Banco de Dados Geográficos (BDG), no qual é possível inserir dados espaciais e não espaciais, além de atributos alfanuméricos, como gráficos, letras e números (FITZ, 2008). Os dados espaciais podem ser representados de duas formas: matricial e vetorial. Segundo Moreira (2007), a representação matricial (*raster*) retrata o espaço em forma de matriz (m, n), composta de colunas e linhas, sendo que cada célula possui um atributo e localização por coordenadas.

A representação vetorial busca apresentar o elemento ou objeto por meio de três formas: pontos, linhas, áreas ou polígonos. Todas essas informações devem ser estruturadas de forma a facilitar o acesso a elas, de modo que deverão ser organizadas em projetos contendo informações espaciais (imagem, vetor), não espaciais (cadastral), em Plano de Informações (PI) ou camadas (*layers*), como rede de drenagem, relevo, uso da terra e cobertura vegetal (CÂMARA; DAVIS 2001).

Para extrair dados da representação matricial, como mapeamentos temáticos, é preciso realizar etapas de tratamento digital de imagem, tais como: pré-processamento, realce, segmentação e classificação, descritas em Moreira (2007). As etapas são realizadas em *softwares* específicos para o tratamento digital de imagem, como o Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING), desenvolvido pelo INPE (CAMARA et al., 1996). Segundo Moreira (2007), o pré-processamento é a etapa na qual se realizam as correções geométricas do posicionamento de objetos, além de melhorias na resolução radiométrica e restauração dos *pixels*. O realce é aplicado para melhorar a qualidade visual da imagem, ampliando as feições da cena e os tons de cinza.

Por último, vêm a segmentação e a classificação, que pode ser supervisionada ou não supervisionada. A segmentação baseia-se em separar a imagem em regiões com características espectrais homogêneas dos pixels, para serem coletadas e classificadas pelo algoritmo (NOVO, 2010). A classificação não supervisionada é realizada quando o analista não tem conhecimento sobre a área de

estudo, na qual o algoritmo faz a classificação, eliminando a subjetividade. Um dos algoritmos utilizados é o *Isoseg*, que agrupa os *pixels* em uma única classe homogênea, que logo depois é dividida de acordo com as semelhanças espectrais de cada *pixel* (MOREIRA, 2007).

Na classificação supervisionada, o analista realiza o processo de treinamento do algoritmo ao coletar amostras das áreas segmentadas para o classificador, de acordo com as classes temáticas associadas àquela área. Um dos algoritmos de classificação supervisionada é o *bhattacharrya*, que tem como critério avaliar a semelhança espectral entre os *pixels* e seus vizinhos (MOREIRA, 2007). Antes de fornecer as amostras, é necessário definir um linear de aceitação para o classificador, pois, assim, ele apresenta em porcentagem as confusões existentes nas amostras coletadas.

Para atingir melhores resultados no mapeamento, é necessário criar chave de interpretação de imagens, contendo detalhes a serem percebidos na imagem para agrupar as classes mapeadas. Segundo Florenzano (2011), devem ser levados em consideração os seguintes elementos da imagem:

- Tonalidade: diferentes tonalidades de cinza, quanto mais luz ou energia um objeto reflete, mais branca será sua tonalidade e, quanto menos luz, mais escura.
- Cor: dependerá da quantidade de energia refletida e o canal ou banda associada à imagem. Método importante, pois o olho humano distingue cem vezes mais cores do que tons de cinza.
- Textura: refere-se ao aspecto do terreno que, liso (uniforme), possui um relevo plano e um relevo mais acidentado, se rugoso.
- Tamanho: diferença de objetos maiores e menores, como casas residências e indústrias, agricultura comercial e de subsistência.
- Forma: feição de elementos, como rios e estradas curvilíneas, construções artificiais em forma retangular. De modo geral, formas irregulares, na maioria das vezes, são objetos naturais, e formas regulares indicam objetos artificiais.
- Sombra: a partir da sombra pode-se saber a forma, altura do objeto, como pontes, chaminés, árvores e feições de relevo.

- Padrão: organização espacial dos objetos sobre a superfície, como alinhamento das culturas agrícolas e ruas nas cidades.
- Localização geográfica: conhecimento sobre a área investigada, clima, presença de centros urbanos ou área rural, vegetação fechada ou aberta.

Após realizar as etapas descritas anteriormente, é necessária a realização de trabalhos de campo para validar as informações presentes no mapa e verificar a exatidão, por meio do confronto entre o mapa temático com as informações obtidas *in loco*. Segundo Florenzano (2011), o trabalho de campo é necessário para validar os mapas, bem como facilitar a interpretação da imagem tornando os resultados e informações mais confiáveis. Um dos métodos mais usados para medir a exatidão dos mapas é o índice *Kappa*, que, por meio de uma equação que resulta em um índice de 0,0 a 1,0, é associado ao grau de qualidade do mapeamento temático, variando de péssima a excelente (MOREIRA, 2007).

Outra vantagem apresentada por Lobão, França-Rocha e Silva (2005, p. 1210) é “por ele ser mais sensível as variações de erro”, ou seja, é possível identificar e corrigir os enganos com mais rapidez. Ainda sobre a validação pelo índice *Kappa*, Lobão, França-Rocha e Silva (2005) citam os pontos fundamentais para verificar a acurácia dos dados geográficos representado nos mapas, que devem ser: a posição dos dados, época de aquisição dos dados e a temática investigada.

Nos trabalhos de campo, devem ser corroboradas essas informações. Segundo Lobão, França-Rocha e Silva (2005), é impossível obter dados com grande exatidão e, por isso, são utilizados métodos de geoestatística para mensurar a qualidade do mapa e sua aplicabilidade, por meio da verdade terrestre.

2.5 Geotecnologias como Suporte ao Planejamento Ambiental

Segundo Medeiros e Câmara (2001), as geotecnologias sobressaem como uma importante ferramenta de apoio à gestão territorial, com base no planejamento, ordenamento e monitoramento dos elementos físico-bióticos e as intervenções humanas. Os SIGs permitem a integração desses elementos de forma mais ágil e eficaz, tornando-se amplamente utilizados hoje em projetos de planejamentos por órgãos públicos e privados. Os autores supracitados elencam quatro possibilidades de uso para os SIGs, com relação a projetos relacionados com o meio ambiente.

O primeiro é o mapeamento temático com a finalidade de levantar as características físicas e sociais do espaço, bem como entender sua organização. O diagnóstico ambiental, que visa a desenvolver projetos de ocupação ou preservação. A avaliação de impacto ambiental com o monitoramento das constantes intervenções antrópicas na paisagem e, por último, o ordenamento territorial que visa a estabelecer diretrizes de ocupação das atividades antrópicas no espaço (MEDEIROS; CÂMARA, 2001).

As imagens de satélites são apresentadas por Crepani et al. (2001) como “âncoras” para o planejamento e ordenamento físico territorial, ao permitirem uma visão de conjunto da paisagem em diferentes períodos de tempo (multitemporais). Nesse mesmo trabalho, Crepani et al. (2001) apresenta uma metodologia de avaliar a vulnerabilidade do ambiente de acordo com suas características naturais e uso da terra e cobertura vegetal, tendo por base teórica e metodológica as unidades ecodinâmicas de Tricart (1977), junto às geotecnologias. São atribuídos diferentes pesos numa escala de 1 a 3 que refletem níveis de estável com atuação da pedogênese, intermediária com atuação da pedogênese e morfogênese e instável com atuação da morfogênese.

Uma aplicação prática do trabalho realizado por Crepani et al. (2008), com o fim de planejamento e gestão do território, demonstra o grande potencial de uso das geotecnologias junto à abordagem teórica metodológica (TRICART, 1977), ao estabelecer o ZEE do município de Gilbués e Monte Alegre, no Piauí (PI). O resultado foi uma carta síntese de gestão territorial, que indicava as áreas mais frágeis para atividades agrícolas, perdas de solos e áreas com incompatibilidade legal, ou seja, locais onde não estavam sendo respeitadas a preservação e a conservação de APPs. O trabalho se mostrou como um importante instrumento para os gestores, ao indicar os tipos e problemas causados pelo uso, bem como as agências financiadoras de atividades que estejam descumprindo de alguma forma a legislação.

A proposta teórica metodológica de Tricart (1977), Tricart e Kiewietdejonge (1992) e Ross (1994, 2009 e 2012) e geotecnologias, vem sendo aplicadas para bacias hidrográficas, cuja há existência diversos estudos publicados e disponíveis em monografias, dissertações, teses e artigos (MANFRÉ et al. 2013; CABRAL et al. 2011; GONÇALVES et al. 2011). No trabalho publicado por Kawakubo et al. (2005), é avaliada a fragilidade ambiental empírica com a proposta metodológica de Ross

(1994), utilizando técnicas de geoprocessamento na bacia do córrego Onofre, em São Paulo (SP). Foi realizada a combinação dos elementos naturais, como a geologia, declividade, solo com uso da terra e cobertura da terra. Ao final, os autores concluem a eficácia no uso de SIGs para avaliar a fragilidade dos ambientes naturais, bem como a proposta teórica metodologia utilizada.

Bacani e Luchiari (2014) propuseram o zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do alto rio Coxim (MS), com o objetivo de estabelecer diretrizes de ordenamento físico territorial com base na determinação da fragilidade ambiental. Com o uso das geotecnologias, houve um levantamento das condições físico naturais da bacia, uso da terra e cobertura vegetal, bem como uma análise multitemporal das transformações ocorridas na paisagem em um período de 40 anos (1966 a 2006). Os dados foram integrados no SIG, no qual se utilizou o método de álgebra de campo e sobreposição ponderada dos mapas temáticos, que resultou em um zoneamento para a atividade agrícola e pecuária, restrições legais e áreas de incongruência.

No que diz respeito essa aplicação teórico metodológica, o trabalho de Abrão et al. (2015) avaliou a fragilidade ambiental do rio Desbarrancado, um importante afluente do rio Santo Antônio. Os resultados mostraram que essa sub bacia apresenta uma média fragilidade ambiental e existem processos erosivos avançados em áreas de solos frágeis (Neossolos Quartzarênicos) e conflitos com uso da terra e APPs. Porém, em toda BHRSA, é inexistente um diagnóstico até o presente momento e os que existem são poucos detalhados e estão ligados à caracterização física do local, uso e qualidade da água, tratando de maneira geral a bacia do rio Miranda, na qual está a área deste estudo (MATO GROSSO DO SUL, 2010; 2013).

Em 2013, foi realizado um trabalho pontual de análise e caracterização da APP no rio Santo Antônio, localizado no assentamento rural colônia Santo Antônio, em Guia Lopes da Laguna (ABRÃO, 2013). Esse fez uma abordagem quanto à situação da preservação e manutenção dessas áreas. Por fim, concluiu-se que boa parte da área encontrava-se preservada, embora alguns trechos estivessem em desacordo com a legislação e precisassem ser recuperados. Por isso, é importante conhecer a fragilidade ambiental dessa bacia, no seu conjunto, integrando as características genéricas e as formas de uso antrópicas, para estabelecer diretrizes e medidas de uso e ocupação ordenada do território, considerando a fragilidade do ambiente.

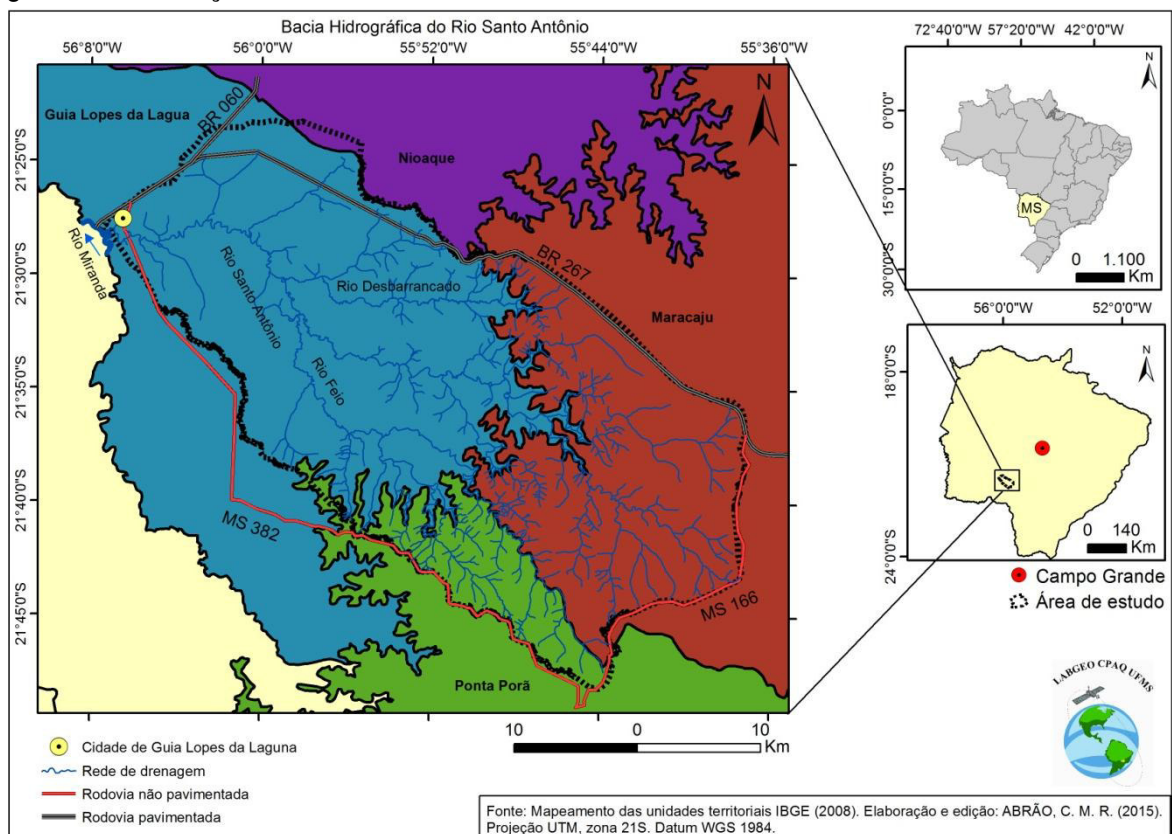
3 METODOLOGIA

3.1 Localização da Área de Estudo

A BHRSA está localizada em 4 municípios que compõem a região Sudoeste e da Grande Dourados do estado de MS (SEMAG, 2011). São eles: Guia Lopes da Laguna, Nioaque, Maracaju e Ponta Porã. Entre os quatro municípios que compõem a BHRSA, apenas Guia Lopes da Laguna tem sua sede municipal inserida parcialmente na bacia, bem como maior parte da sua extensão territorial (55,08%) seguido de Maracaju (34,07%), Ponta Porã (10,02%) e Nioaque (0,65%).

A bacia tem uma área calculada em aproximadamente 1.202 km², cujo principal canal é o rio Santo Antônio, com 54 km de extensão (Figura 1). Suas nascentes estão localizadas sobre o planalto Maracaju - Campo Grande, a mais de 600 m de altitude, e sua foz a 230 m em relação ao nível do mar.

Figura 1 – Localização da área de estudo.



3.2 Caracterização Física da Área de Estudo

A BHRSA está localizada sobre uma zona de transição entre quatro grandes formações geológicas: Formação Aquidauana, Formação Botucatu, Formação Serra Geral e Formação Caiuá (CPRM, 2006). A Formação Aquidauana ocupa áreas do baixo curso e próximas à foz com rio Miranda. Nessa formação, há presença de arenitos médios ou finos, com estratificação, na maioria das vezes, grosseira e menos fina.

A Formação Botucatu encontra-se em áreas do baixo e médio curso da bacia. Segundo Araújo et al. (1982), é composta por arenitos de coloração vermelha e, muitas vezes, em formas de conglomerados, que apresentam estratificações cruzadas de médio a grande porte bem caracterizados. Para o estado de Mato Grosso do Sul, Beurlen e Sommer (1957) apud Araújo (1982) descreveu a Formação Botucatu como constituída de grãos de quartzo de granulação média, bem rolados e arredondados.

A formação Serra Geral predomina na área da bacia, sendo encontrada a noroeste, leste e sudeste, com afloramentos visíveis no solo e barranco dos canais. Segundo Araújo et al. (1982), ela teve, como origem, grandes derrames que, por milhões de anos, cobriram dunas da Formação Botucatu. Devido a esse ambiente de grande atividade vulcânica, a Formação Serra Geral apresenta grande quantidade de afloramentos de basalto que domina a litologia da Serra de Maracaju na área de estudo. A formação Caiuá foi encontrada em áreas mais ao sul da bacia, sobre locais com presença da vegetação típica do cerrado. Segundo Araújo et al. (1982), os principais minerais constituintes são: arenitos, argilitos de granulometria média a fina e rochas sedimentares e conglomerados.

Segundo dados compilados do projeto RADAMBRASIL (ALVARENGA et al., 1982), as áreas em que se encontra a BHRSA estão localizadas em duas grandes unidades geomorfológicas: depressão do rio Paraguai e o planalto Maracaju Campo Grande. A depressão do rio Paraguai constitui uma área de superfície rebaixada interplanáltica, alongada na direção norte, limitada, a leste, pelas frentes de *cuestas* e relevos dissecados da borda do Planalto de Maracaju-Campo Grande; e, a oeste, pelas escarpas do Planalto da Bodoquena (ALVARENGA et al., 1982).

O planalto de Maracaju Campo Grande foi identificado como uma unidade geomorfológica homogênea, com altitudes medianas e feições amplas e aplainadas

(ALVARENGA et al., 1982). Sua origem está associada à história geológica do local, pois sua estrutura contém material de origem arenítica ou basáltica, resultante da geológica (ALVARENGA et al., 1982). Na área da BHRSA, encontra-se, no médio curso e em uma pequena parte ao sul, relevo ondulado, com presença de colinas e morros de topo convexos, com variação altimétrica que oscila entre 230 a 670 m.

Segundo dados extraídos do trabalho de macrozoneamento para o Mato Grosso do Sul (1989), a BHRSA apresenta predomínio dos Latossolos Vermelho, Vermelho Eutrófico, Regolítico e Amarelo, considerados bem desenvolvidos e com textura moderada argilosa. Destaca-se o Luvissoleto, que compreende solos de composição mineral, com variação de bem ou imperfeitamente drenados (MATO GROSSO DO SUL, 1989). Sua textura é constituída por alto teor de argila no horizonte B (LEPSCH, 2010). O Plintossolo é considerado um solo de baixa drenagem, encontrado em áreas, permanente ou temporariamente, inundáveis (EMBRAPA, 2013). Sua textura tem moderado teor de areia (LEPSCH, 2010). Existem áreas do médio e alto curso com presença de Neossolos Litólicos e Quartzarênico, com textura arenosa média, cascalhenta, em processo de desfragmentação do material de origem, ainda em fase de formação.

Em relação ao clima, a região em que se encontra a BHRSA possui duas estações bem definidas, com verão chuvoso e inverno seco, que a classificação de Köppem na definiu como tropical chuvoso (Aw) (ZAVATTINI, 2009). Os maiores índices pluviométricos se concentram entre os meses de outubro a março, com acumulados que oscilam entre 1000 a 1500 mm (EMBRAPA, 2014).

3.3 Caracterização Socioeconômica

A ocupação dos municípios inseridos na BHRSA ocorreu pela formação de latifúndios de migrantes vindos dos estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul, que iniciaram a prática da agricultura e pecuária extensiva na região (IBGE, 2015). Atualmente essa configuração territorial pouco mudou, pois ainda se tem a presença de latifúndios que desenvolvem atividades econômicas do setor agropecuário, principalmente a pecuária extensiva. Os municípios que compõe a BHRSA, são grandes expoentes no estado para criação de bovinos de corte ou produção leite em extensas áreas de pastagem nativa e cultivada, que abastecem indústrias locais e estaduais, como cooperativas de laticínios e frigoríficos (IBGE, 2006).

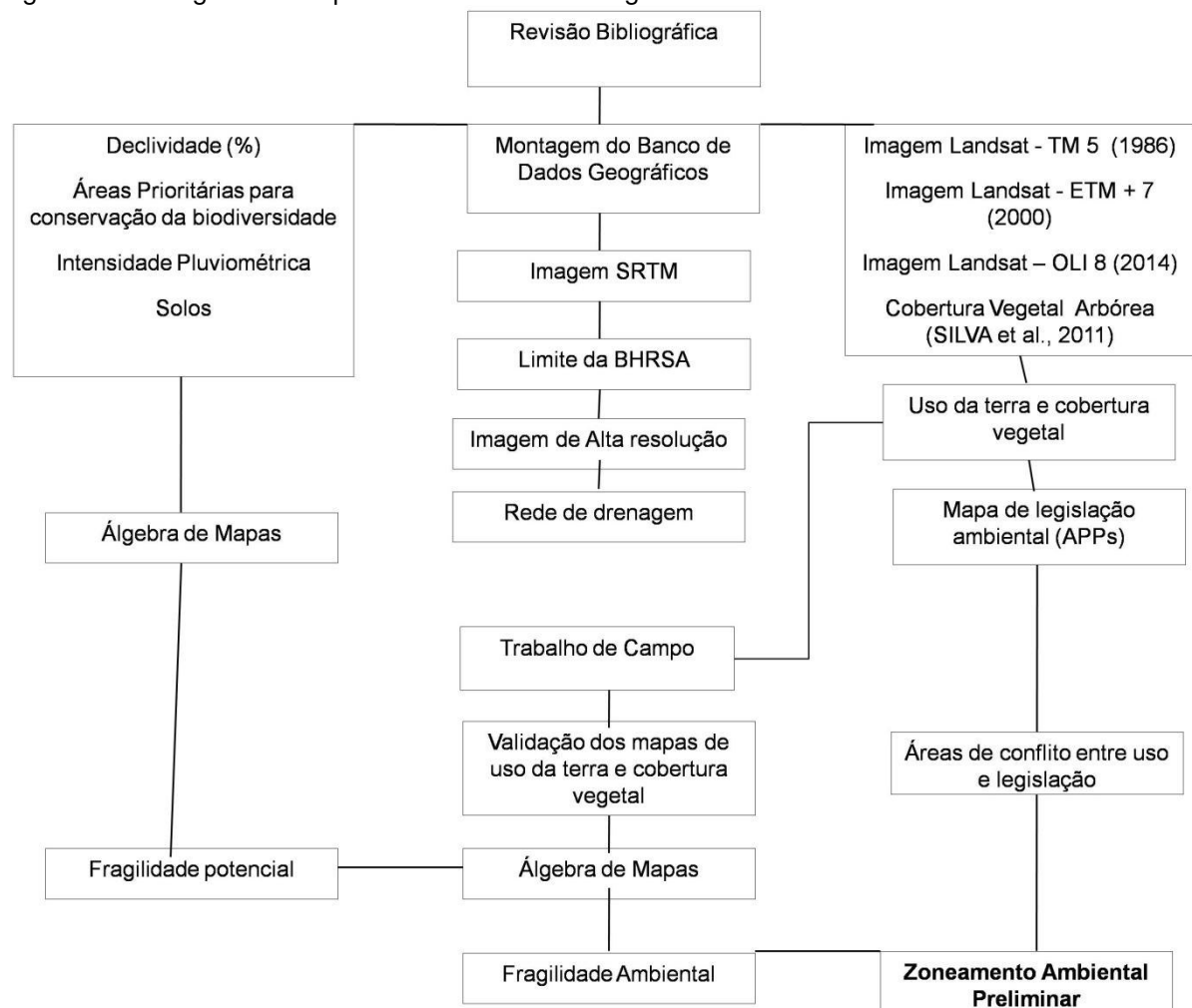
Segundo censo agropecuário do IBGE (2006), o município de Maracaju é o que se destaca com a maior produção agrícola, com cultivo de soja, milho e cana-de-açúcar, seguidos de Ponta Porã, Nioaque e Guia Lopes da Laguna. Nesse contexto, a economia local gira em torno das indústrias ligadas ao setor do agronegócio (frigoríficos, usina de cana-de-açúcar, cerealista, adubação etc.) e rede de comércios ligados ao meio rural.

3.4 Procedimentos Metodológicos

3.4.1 Materiais e Métodos

A sequência dos materiais e métodos utilizados estão representados no fluxograma abaixo (Figura 2).

Figura 2 – Fluxograma com procedimentos metodológicos adotados.



Fonte: ABRÃO, C. M. R (2015).

Inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico sobre o tema proposto, baseando-se na análise empírica da fragilidade ambiental de Ross (1994 e

2012) e com auxílio das geotecnologias propostas por Crepani et al. (2001). Buscou-se um levantamento atualizado de trabalhos científicos no portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), com a mesma proposta metodológica para subsidiar a discussão dos resultados aferidos na pesquisa.

3.4.2 Delimitação da Bacia e Vetorização da Rede de Drenagem

O divisor de águas da bacia hidrográfica foi elaborado por meio da imagem de radar SRTM da quadricula 21_57_ZN (VALERIANO, 2008) no software Global Mapper, de forma automática (*generate watershed*). Em seguida, foi convertido em formato Shapefile e exportado para o software ArcGIS 10.2, no qual foram realizadas correções por meio de curva de nível com equidistância de 20 m e cartas topográficas do DSG. A rede de drenagem foi vetorizada a partir da imagem de satélite Landsat 8, sensor OLI, e do mosaico de imagens Bing online (basemap) com resolução espacial de 5 m disponível no software ArcGIS.

3.4.3 Mapeamento da Fragilidade Potencial

Com a imagem de radar SRTM, gerou-se a declividade para a área de estudo com os valores de porcentagem (%), e os intervalos propostos por Ross (1994), bem como os níveis de fragilidade. A partir dos valores de declividade foi vetorizada a planície de inundação, localizada em áreas próxima aos canais com declividade de 0 a 2%, conforme proposto por Ross (2012). A fragilidade dos solos foi definida de acordo com seu potencial a sofrer erosão de acordo com suas características físicas. Sendo assim, os Latossolos receberam peso 1 (muito fraca), por apresentarem uma textura franco-argilosa, e os Neossolos, Luvisolos e Plintossolos, peso 5, por apresentarem de médio a alto teor de areia em sua composição física (EMBRAPA, 2013, 2006; ROSS, 1994).

Para as Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade, foram determinados dois níveis de fragilidades, de acordo com o grau de prioridade. Sendo assim, áreas de alta prioridade receberam peso 5 (muito alta) e as insuficientemente conhecidas, peso 1 (muito fraca). Com relação aos dados de pluviosidade, foram coletadas médias do total anual de precipitação de oito estações pluviométricas adjacentes à área de estudo, entre os anos de 1970 a 2007, disponível no site da Embrapa (2014) coletados pela ANA e INMET (Tabela 1).

Tabela 1 - Estações pluviométricas.

Nome da estação	Lat/Long	Média Anual (mm)
Estação Jardim	s 21°26'25", w 56°05'24"	1.287,4
Estação Maracaju	s 21°37'02", w 55°08'11"	1.395,9
Estação Nioaque	s 21°08'58", w 55°49'27"	1.152,6
Estação Bonito	s 21°06'55", w 56°31'01"	1.380
Estação Antônio João	s 22°11'08", w 55°56'31"	1.571
Estação Capão Bonito	s 21°10'53", w 54°44'38"	1.293,5
Estação Sidrolândia	s 22°06'32", w 56°31'35"	1.398
Estação Bela Vista	s 22°06'32", w 56°31'35"	1.325

Fonte: EMBRAPA (2014).

Com a compilação desses dados, efetuou-se a interpolação no ArcGIS das médias anuais pelo método IDW (*Inverse Distance Weighted*) ou Inverso do Quadrado pela Distância. Com os resultados, foi possível espacializar a intensidade pluviométrica na área. Para atribuição de peso à variável intensidade pluviométrica, foi necessário realizar uma adaptação entre as metodologias de Crepani et al. (2001) e Ross (1994) (Quadro 1).

Quadro 1 - Adaptação metodológica para calcular a intensidade pluviométrica.

Metodologia	Crepani et al. (2001)	Ross (1994)
Peso	3	5
	N	X

Os planos de informações (PIs) em formato vetorial foram convertidos em formato raster. Logo em seguida, foram reclassificados de acordo com os pesos de fragilidade atribuídos por Ross (1994 e 2012) e realizada a sobreposição ponderada (álgebra de mapas) de todos os temas, cuja soma resultou na fragilidade potencial.

3.4.4 Mapeamento do Uso da Terra e Cobertura Vegetal

Foi realizado o mapeamento temático do uso da terra e cobertura vegetal com imagens Landsat para três períodos: 1986, 2000 e 2014. Para cada período foram utilizados cenas dos seguintes satélites respectivamente: Landsat 5, sensor TM, bandas 3(B), 4(G) e 5(R) com resolução espacial de 30m; Landsat 7, sensor ETM+, bandas 3(B), 4(G) e 5(R) com resolução espacial de 30m e 8 pancromática com resolução espacial de 15m; e Landsat 8, sensor OLI, bandas 4(B), 5(G) e 6 (R) com resolução espacial de 30m e 8 pancromática com resolução espacial de 15m. Utilizou-se apenas uma cena da órbita/ponto 225/75 datadas do mês de abril.

A justificativa para a escolha das datas se deve a disponibilidade para os períodos, principalmente para o ano de 1986 e menor presença de nuvens. Os dados foram processados e manipulados em ambiente SPRING (CÂMARA et al., 1996), cujos procedimentos técnicos científicos seguiram o Processamento Digital de Imagens (PDI), descrito em Florenzano (2011 e 2002); Jensen (2009); Moreira (2007) e Novo (2010): pré-processamento, realce e classificação.

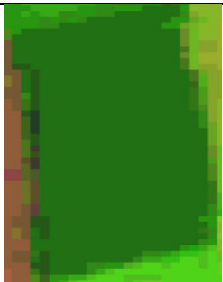



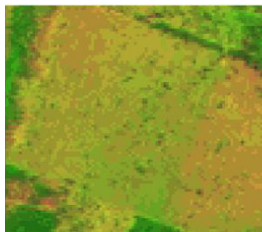
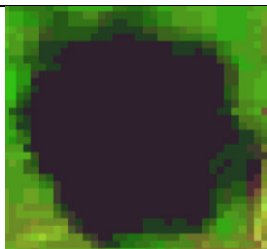
A etapa do pré-processamento não se fez necessária, pois as imagens já passaram pelos processos de correção geométrica previamente realizada pela USGS e *Global Land Cover Facility* (GLCF). Para melhorar a qualidade visual da imagem e melhor identificar os alvos da superfície terrestre, utilizou-se a técnica de realce linear para aprimorar a condição visual das bandas. Para as cenas do satélite Landsat 7 e 8, foi realizada a fusão das bandas multiespectrais com a banda 8 pancromática.

A fusão baseou-se no método de transformação IHS/RGB, que teve por objetivo aumentar a resolução espacial de 30 m para 15 m. O processo consistiu em reprojetar e ampliar as variações de tonalidade e cor das imagens, aproximando-se da realidade e facilitando a interpretação a partir da intensidade do brilho total (I), matiz do maior comprimento de onda (H) e saturação da cor (S) (SANTOS; PELUZI, SAITO, 2010).

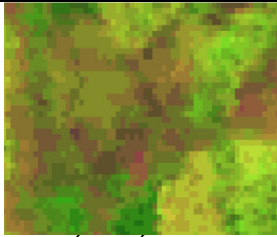
Logo em seguida, as imagens foram segmentadas em regiões, de acordo com parâmetros espectrais de seus elementos. No entanto, para agrupar os pixels em regiões homogêneas, foram realizados sucessivos testes de limiar de similaridade e área. Segundo Moreira (2007, p. 93), o limiar de similaridade “é o valor mínimo abaixo do qual duas classes são agrupadas. Já o limiar de área define o número mínimo de pixel a serem considerados da mesma classe temática”. Desse modo, definiu-se o limiar de similaridade e área 4 e 5, respectivamente, para a composição colorida de 2000 e 2014, e 8 e 10 para 1986. Após isso, foram coletadas amostras de cada tema para treinar o classificador (MOREIRA, 2007). Avaliou-se o desempenho do treinamento com os índices de acerto e confusão entre as amostras.

Antes de dar início à etapa de classificação, foi elaborada uma “chave de interpretação”, contendo características dos alvos na imagem e agrupados em classes temáticas, descritas no Quadro 2, a seguir:

Quadro 2 - Chave de interpretação para as classes mapeadas.

Classe	Forma	Cor	Textura
 <p>Silvicultura</p>	Regular	Verde escuro	Lisa média
 <p>Agricultura Conservacionista</p>	Regular	Verde claro	Lisa
 <p>Agricultura convencional</p>	Regular	Vermelho escuro	Rugosa
 <p>Vegetação arbórea</p>	Irregular	Verde escuro	Média rugosa
 <p>Pastagem</p>	Irregular	Verde claro a rosa claro	Lisa média
 <p>Corpos D'gua</p>	Regular	Azul escuro	Lisa

Continua...

 <p>Área Úmida</p>	Irregular	Amarelo/Verde	Rugosa
---	-----------	---------------	--------

Fonte: FLORENZANO (2002; 2011); JENSEN (2009) e MOREIRA (2007).

A etapa da classificação foi realizada de maneira supervisionada com uso do classificador por região *bhatachayara*. Foram identificadas 5 classes de uso da terra para 2000 e 1986 e 7 para 2014 com acréscimo da silvicultura e agricultura conservacionista. As classes de cobertura vegetal arbórea foram identificadas com base no mapeamento pré existente realizado pelo projeto GeoMS na escala de 1:100.000 e sua respectiva nomenclatura para as classes de vegetação (SILVA et al., 2011). O arquivo shapefile de vegetação foi sobreposto ao mapa classificado e identificou-se visualmente as fitofisionomia de cobertura vegetal. Foram encontradas 8 tipos de cobertura vegetal para os três períodos.

Depois, as imagens classificadas foram convertidas para categoria temática e transformadas de matriz (raster) para vetor (polígono) e exportadas para o ArcGIS, no qual foram realizadas edições vetoriais. Foram utilizadas edições cartográficas de cores definidas, conforme procedimentos técnicos descritos no manual técnico de uso da terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013).

3.4.5 Mapeamento da Fragilidade Ambiental

O mapa de fragilidade ambiental ou emergente foi elaborado com base nos mapas temáticos de uso da terra e cobertura vegetal do ano de 2014, representando os tipos de intervenção antrópica e o mapa de fragilidade potencial. O mapa de uso da terra e cobertura vegetal foi convertido para raster e teve suas classes reclassificadas de acordo com os pesos de fragilidade à proteção do solo em função do uso da terra e cobertura vegetal praticado na área, conforme Ross (1994).

As áreas de vegetação nativa receberam peso 2 (Alta), pois oferecem proteção ao solo contra erosão, porém estão sob forte pressão antrópica, como desmatamento. As áreas de pastagens e silvicultura receberam peso 3 (média), pois apresentam certo grau de proteção ao solo, porém necessitam de manejos de uso. Para a agricultura conservacionista, foi adotado peso 4 (fraca), pois utiliza prática de plantio direto e curvas de nível. Já para agricultura convencional, área urbana, área

úmida e corpos d'água, adotou-se peso 5 (muito fraca), pois apresentam pouca ou nenhuma proteção ao solo e susceptibilidade a sofrer danos ambientais.

Logo em seguida, realizou-se a sobreposição ponderada (álgebra de mapas) entre uso da terra e cobertura vegetal com a fragilidade potencial, que culminou na fragilidade ambiental (emergente) da BHRSA.

3.4.6 Mapeamento das APPs e Conflitos com Uso da Terra

O mapa de conflito entre uso da terra e legislação florestal foi elaborado com o objetivo de identificar APPs que estão sendo usadas com algum tipo de uso da terra, ou seja, que não estão sendo preservadas nem desempenhando seu papel de proteção e conservação de recursos naturais.

Nesse sentido, foram espacializadas as classes de APPs encontradas na BHRSA. As nascentes foram identificadas por meio de pontos; os canais, por linhas que formam a rede de drenagem; e lagos e reservatórios naturais e artificiais, por meio de polígonos.

A partir disso, utilizou-se da técnica de análise espacial de elaboração de mapa de distância (*Buffer*) para delimitar as APPs. A distância do *Buffer* foi definida de acordo com as classes de APPs elencadas anteriormente na área de estudo. Para cada classe, definiu-se a faixa de APP com base na lei 12.651/12 (BRASIL, 2012) (Tabela 2).

Tabela 2 – Classes de APP e suas respectivas dimensões.

Classe de APP	Faixa de APP
APP de Nascentes	50 m de raio
APP marginal de canal com leito até 10 m de largura	30 m
APP marginal de canal com leito de 10 m e 50 m de largura	50 m
APP de Lagos e reservatórios	50 m

Fonte: Lei 12.651/12 (BRASIL, 2012).

Após a espacialização das APPs foi utilizada a ferramenta *Dissolve* para evitar a sobreposição de APPs de nascentes e cursos d'água e mensurar o total de área de APP da bacia. De posse do mapa temático de uso da terra e cobertura vegetal das APPs, realizou-se a sobreposição desses, utilizando a ferramenta *Clip* do ArcGIS, com o objetivo de gerar um mapa síntese para identificar os conflitos entre uso e preservação das APPs (CARDOSO; AQUINO, 2013; PELUZIO; SANTOS; FIEDLER, 2010).

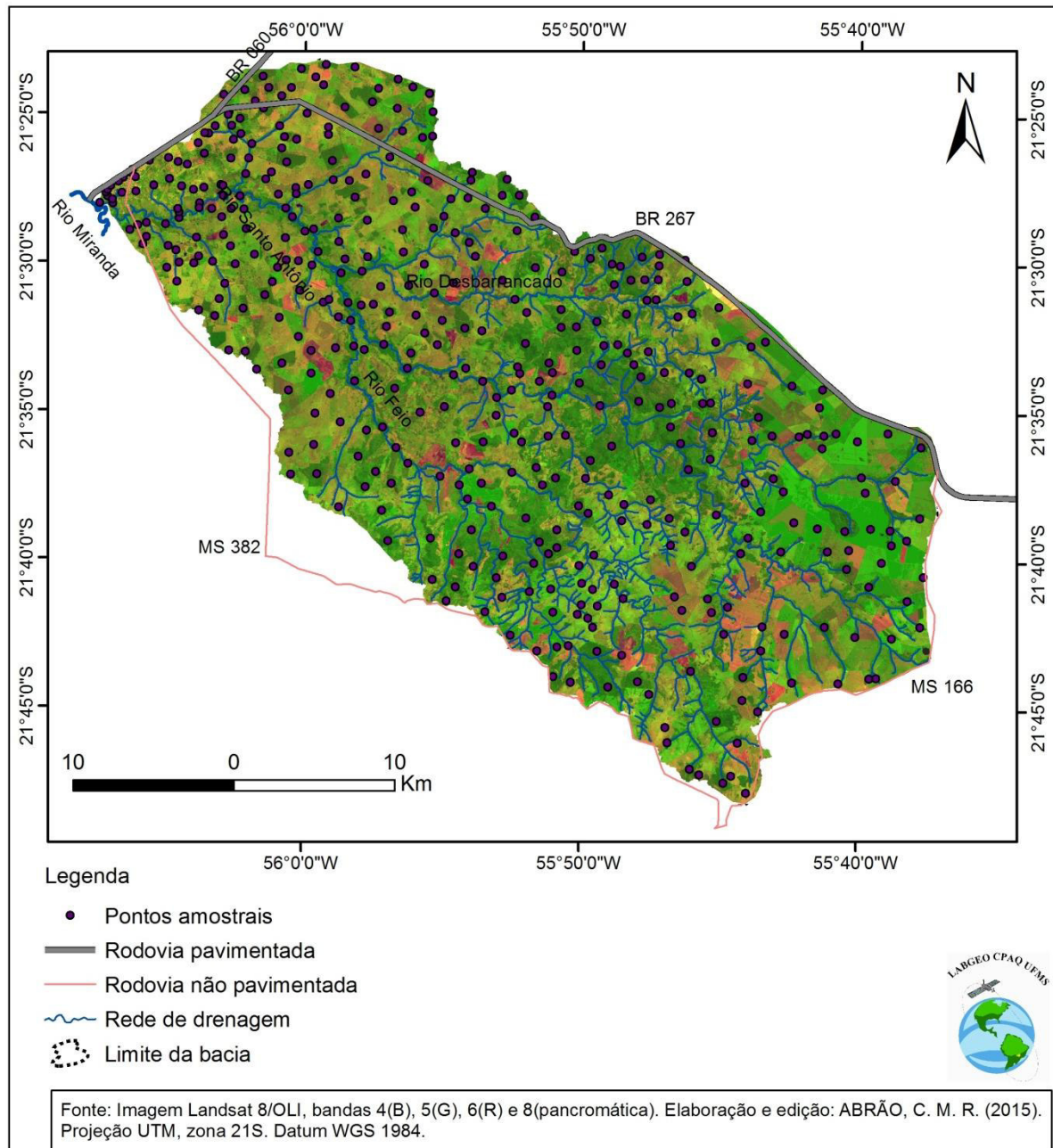
3.4.7 Trabalho de Campo

Com os materiais cartográficos confeccionados, foram realizados dois trabalhos de campo para coletar informações representadas nos mapas. Os trabalhos de campo ocorreram nos meses de fevereiro e março de 2015, percorrendo a BR 267 em torno da bacia, áreas de nascentes próximas a MS 166 e seguindo em direção a cidade de Guia Lopes da Laguna pela MS 382. Durante o percurso foram coletados 85 pontos através do receptor GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) modelo *Mobile Mapper 120*, cujos pontos foram adicionados as amostras para validação estatística dos mapas de uso da terra e cobertura vegetal. Registrou-se através de fotos digitais os tipos de uso da terra e cobertura vegetal, os diferentes tipos de fragilidade potencial e ambiental encontrada, áreas de APPs e dos processos erosivos existentes na área.

3.4.8 Validação dos Mapas de Uso da Terra e Cobertura Vegetal

Para avaliar a acurácia dos três mapas de uso da terra e cobertura vegetal, foram coletados 345 pontos amostrais adotados como verdade terrestre em imagem de alta resolução espacial bing (basemap) disponível no software ArcGIS, software livre Google Earth e nas cenas Landsat mais 85 pontos coletados em trabalho de campo dando um total de 430 (Figura 3).

Figura 3 - Representação dos pontos amostrais usados na validação estatística dos mapas de uso da terra e cobertura vegetal.



O número total de pontos foi estimado a partir do cálculo amostral com erro de 5% e confiança de 95% (SANTOS, 2014). Os pontos foram distribuídos aleatoriamente, de acordo com a representatividade da classe temática na área de estudo nos três períodos mapeados. Os pontos amostrais foram especializados aleatoriamente no ArcGIS e convertidos para o formato Ascii Grid no SPRING. Foram utilizadas as imagens classificadas de maneira supervisionada no SPRING em formato matricial, convertidas para categoria temática.

Após a conversão dos dados, os pontos foram sobrepostos às imagens e associados às classes temáticas, sendo utilizados como referência para a validação estatística. O cálculo estatístico para os três mapas foi realizado por meio do Índice *Kappa* e organizado em uma matriz de confusão com os seguintes parâmetros estatísticos (**Eq. 1**). Segundo Congatton (1991), o uso do coeficiente *Kappa* (K) é satisfatório na avaliação da precisão de uma classificação temática, pelo fato de levar em consideração toda a matriz de confusão no seu cálculo.

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^k x_{ii} - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \cdot x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \cdot x_{+i})} \quad (1)$$

Onde \hat{K} : valor estimado *Kappa*; k : número de linhas; $\sum_{i=1}^k x_{ii}$: soma dos elementos da matriz em sua diagonal principal; x_{i+} : soma total das observações para as linhas; x_{+i} : soma total das observações para as colunas e N : número de observações total. Os valores obtidos pelo Índice *Kappa* para avaliar a confiabilidade dos mapas foram comparados a parâmetros estabelecidos por Landis e Koch (1977), conforme tabela 3 a seguir.

Tabela 3 - Níveis de exatidão e avaliação do índice *Kappa*.

Índice <i>Kappa</i>	Qualidade
0,0 a 0,2	Ruim
0,2 a 0,4	Razoável
0,4 a 0,6	Bom
0,6 a 0,8	Muito Bom
> 0,8	Excelente

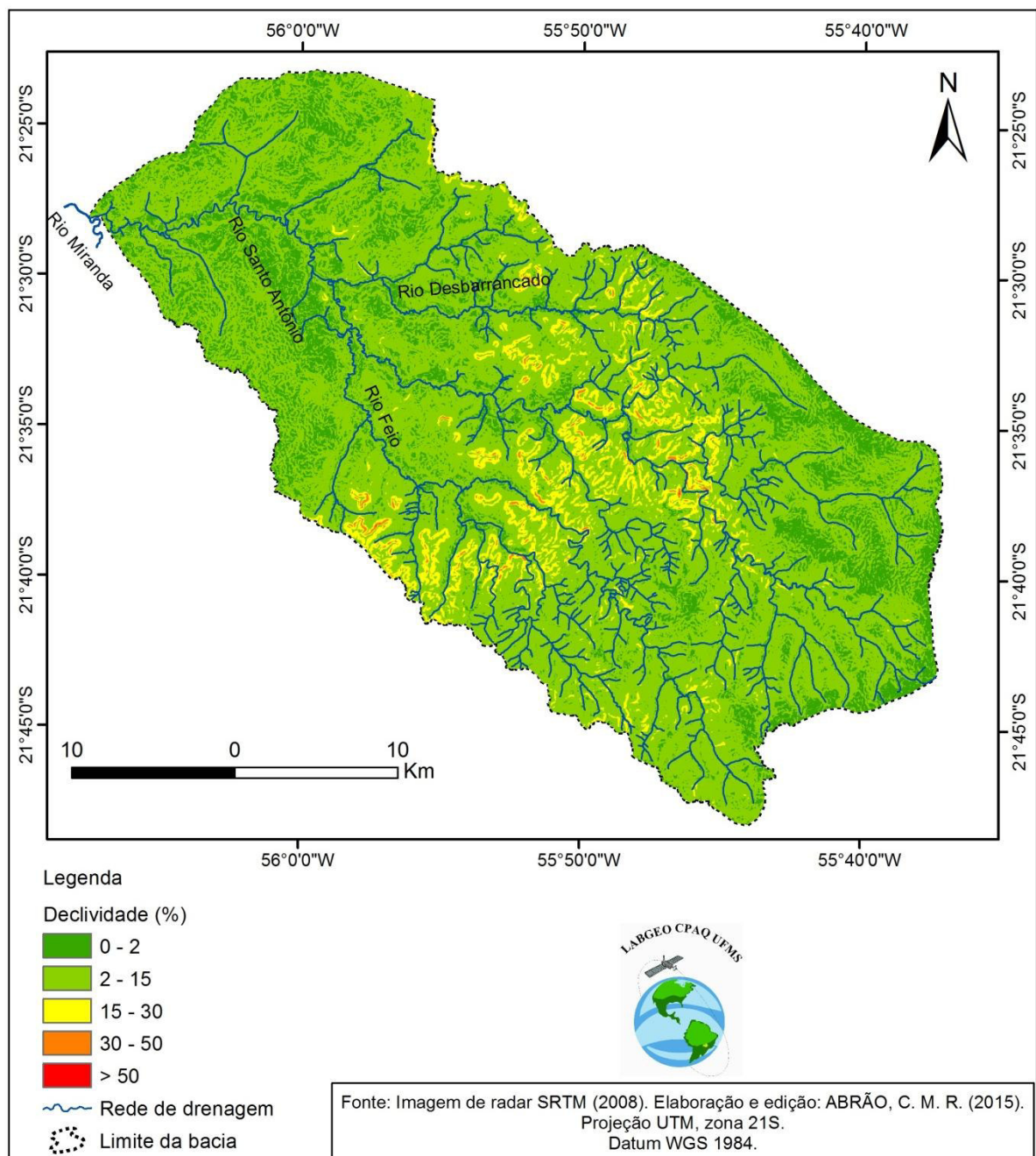
Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Declividade

O mapeamento da declividade na BHRSA (Figura 4) mostrou que ela apresenta áreas com baixas inclinações (entre 0 a 15%), caracterizando a presença de relevos planos a suavemente ondulado em todo baixo curso e no alto curso. As áreas de maior declividade (maiores que 15%) estão localizadas no médio curso, com presença de morros e colinas.

Figura 4 – Mapa de declividade da BHRSA.



A classe de declividade entre 2 a 15 % predomina na BHRSA, ocupando 74,62 % da área, avaliada com fraca fragilidade em relação à metodologia proposta por Ross (2012) (Tabela 4). A de 0 a 2 % abrange 19,26 % da área total da bacia e apresentou grau de fragilidade muito fraco. As demais classes, juntas, somam 6,12 %.

Tabela 4 – Quantificação das classes de declividade na BHRSA.

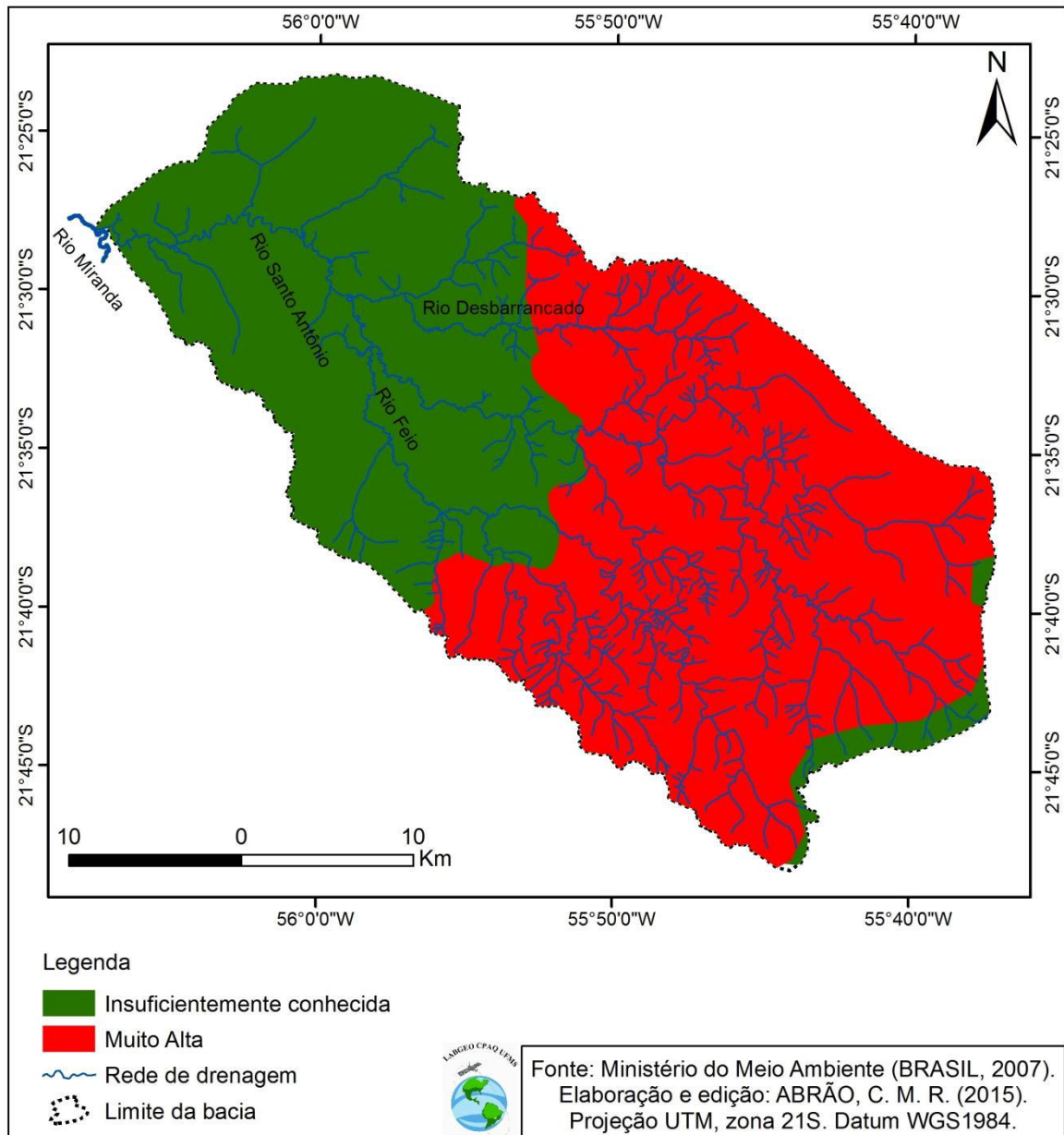
Classes de Declividade (%)	Área (Km ²)	Porcentagem (%)	Grau de Fragilidade
0 a 2	231,57	19,26	1 (muito fraca)
2 a 15	897,05	74,62	2 (fraca)
15 a 30	68,28	5,58	3 (média)
30 a 50	4,4	0,36	4 (forte)
< 50	0,7	0,08	5 (muito forte)
Total	1.202	100	*

Nesse contexto, a BHRSA apresenta grandes áreas potenciais com extensas áreas de relevo planos favoráveis a prática agropecuária. Resultados similares foram encontrados por Oliveira et al. (2012) e Cabral et al. (2011), em bacias hidrográficas, cujas áreas se mostraram propícias a uma ocupação ordenada, do ponto de vista geomorfológico. No entanto, deve-se evitar a expansão de atividades para áreas de média e forte declividade, como medida de prevenção ao surgimento de processos erosivos nas encostas e perda de solos (GUERRA, 2012; LEPSCH, 2010). Outra importante ressalva refere-se às planícies fluviais com declividades inferiores a 2%, propícias à inundação, conforme relatado em Ross (2012).

4.2 Áreas Prioritárias Para Conservação da Biodiversidade

A BHRSA apresenta área classificada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) (BRASIL, 2007) com prioridade de conservação muito alta e outra definida como insuficientemente conhecida (Figura 5). A classe de prioridade muito alta está situada do médio ao alto curso abrigando áreas com declividade entre 20 e 50%. A outra classe localiza-se majoritariamente no baixo curso em áreas planas sendo que, outras estão localizadas no alto curso da bacia próximo as nascentes.

Figura 5 – Mapa de Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade na BHRSA.



A classe de prioridade muito alta é a que predomina na bacia abrangendo 55,66% da área, cujo peso de fragilidade atribuído é de muito forte. Já a insuficientemente conhecida ocupa 44,34% com fragilidade fraca (Tabela 5). Essas definições foram propostas pelo MMA com objetivo de estabelecer diretrizes de zoneamento ambiental sobre o uso de recursos naturais nos biomas brasileiros (BRASIL, 2007). Neste sentido, essas divisões são norteadoras para futura criação de Unidades de Conservação (UC), Área de Proteção Ambiental (APA) que possam conservar e preservar os recursos naturais remanescentes na área da bacia (PIRES et al., 2015).

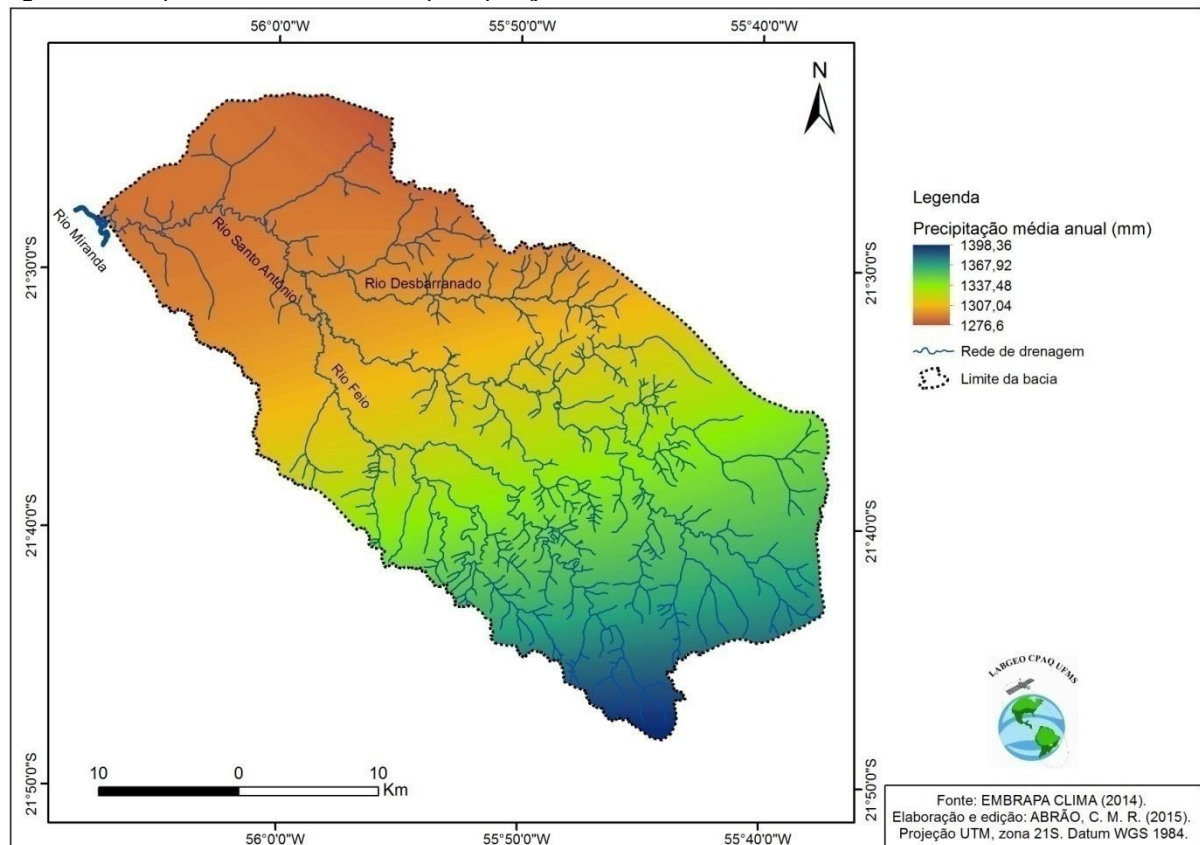
Tabela 5 – Quantificação das áreas prioritárias para conservação da biodiversidade.

Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade	Área (km ²)	Porcentagem (%)	Grau de fragilidade
Muito Alta	668,94	55,66	5 (muito forte)
Insuficientemente conhecida	533,06	44,34	1 (muito fraca)
Total	1.202	100	*

4.3 Intensidade Pluviométrica

A Intensidade pluviométrica calculada para bacia indica uma precipitação mínima de 1.276,6 mm e máxima de 1.398,36 (Figura 6). As chuvas estão distribuídas em 9 meses chuvosos (setembro a maio) e 3 de estiagem (junho a agosto). Os maiores valores se concentram nos meses de dezembro e janeiro oscilando próximo de 144 mm.

Figura 6 – Mapa da média anual de precipitação na área de estudo.



Na escala de vulnerabilidade de Crepani et al. (2001), a BHRSA apresenta estabilidade em relação ao fator pluviosidade, com valor aproximado de 1,4. Realizando a adaptação metodológica (conforme quadro 1) para converter o valor encontrado em Crepani et al. (2001) para a metodologia de Ross (1994) foi

encontrado o valor de 2,3 (Figura 7). Este resultado indica que a bacia apresenta baixa fragilidade em relação a intensidade pluviométrica, porém não significa que ela é menos suscetível a sofrer com processos erosivos, pois segundo Guerra (2012) a declividade e os tipos de solo e manejos de uso são os principais fatores para avaliar o grau de erosividade de áreas naturais.

Figura 7 - Calculo da intensidade pluviométrica para BHRSA

$$\begin{aligned} 1,4 & \text{-----} 3 \\ X & \text{-----} 5 \\ \\ 3X & = 1,4 \cdot 5 = 7 \\ \\ X & = \frac{7}{3} \\ \\ X & = 2,3 \end{aligned}$$

Fonte: ABRÃO, C. M. R. (2015).

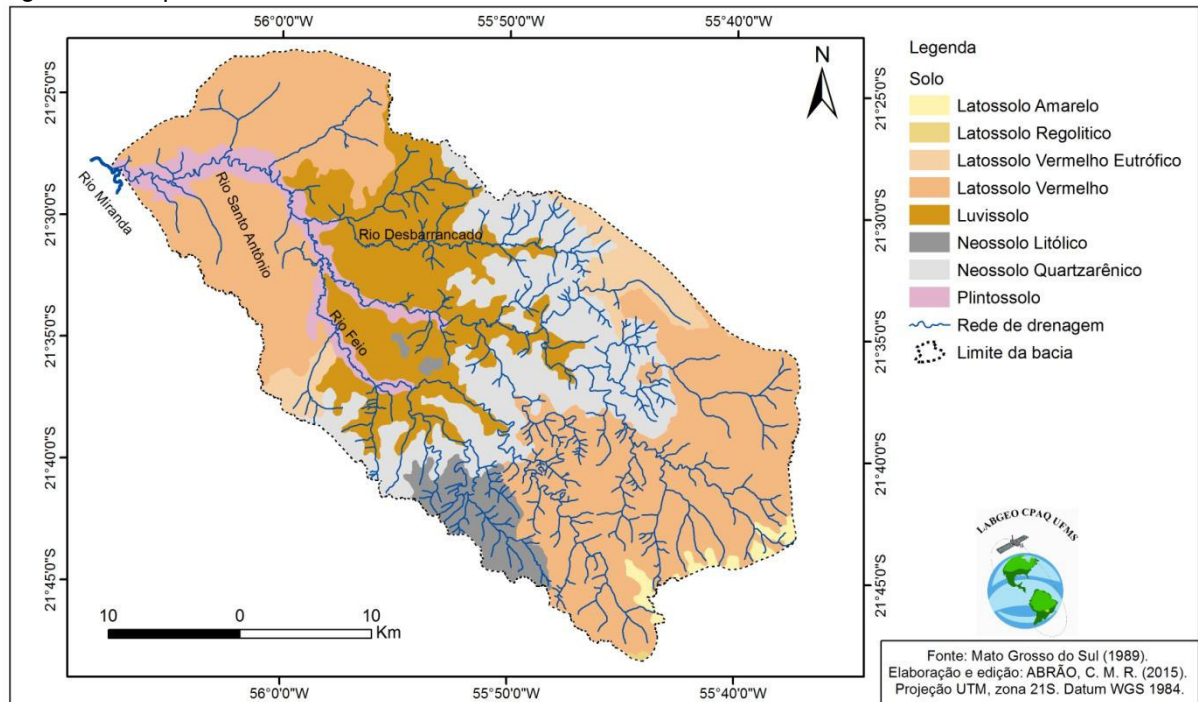
Segundo Crepani et al. (2001), dentre as três principais características da variável pluviosidade, pluviosidade total e distribuição sazonal, a intensidade pluviométrica é a mais importante, pois ela está associada aos períodos chuvosos e à quantidade acumulada de precipitação. Essa relação indica o quanto uma área é suscetível a sofrer com erosão e perda de solo (BACANI, 2010; CABRAL et al., 2011; CUNHA, 2012; OLIVEIRA et al., 2012).

A distribuição uniforme dos períodos chuvosos também ameniza os impactos causados pela chuva, não sendo concentrada em apenas um determinado período de tempo (CREPANI et al., 2001). Entretanto, deve-se levar em conta a cobertura vegetal da área para proteção do solo contra os efeitos da chuva (GUERRA, 2012). No caso de cultivo agrícola ou pastagem, é necessária a adoção de práticas conservacionistas, como plantio direto, terraceamento e curva de nível em terrenos com forte inclinação (BACANI, 2010; FERRAZ et al., 2008; LEPSCH, 2010).

4.4 Classes de Solo

Para BHRSA identificaram-se oito classes de solo, cuja maioria apresenta baixa fragilidade (Figura 8). Destaca-se a presença do Latossolo Vermelho, Luvisolo e Neossolo Quartzarênico com maior representatividade.

Figura 8 – Mapa de solos da BHRSA.



O Latossolo Vermelho abrange 47,37% da área, situado em áreas do baixo e alto curso, caracterizado por relevo plano de baixa declividade (Tabela 6). O Latossolo Vermelho Eutrófico (4,6%), Latossolo Amarelo (1,05%) e Latossolo Regolítico (0,05%) também estão presentes na bacia. Segundo Lepsch (2010), são solos produtivos quando cultivados com sistema de rotação de cultura e pouco favoráveis à erosão. No entanto, isso não significa que devem ser cultivados sem práticas conservacionistas, pois essas são essenciais para a conservação dos nutrientes e para prevenir a instauração de processos erosivos (GUERRA, 2012).

Tabela 6 – Quantificação das classes de solo na BHRSA.

Classe de solo	Área (Km ²)	Porcentagem (%)	Grau de Fragilidade
Latossolo Vermelho	569,5	47,37	1 (muito fraco)
Luvisolo	230,3	19,15	5 (muito forte)
Neossolo	218,81	18,2	5 (muito forte)
Quartzarênico			
Plintossolo	62,38	5,18	5 (muito forte)
Latossolo Vermelho Eutrófico	55,33	4,6	1 (muito fraco)
Neossolo Litólico	52,96	4,4	5 (muito forte)
Latossolo Amarelo	12,72	1,05	1 (muito fraco)
Latossolo Regolítico	0,69	0,05	1 (muito fraco)
Total	1.202	100	*

Os Luvisolos ocupam 19,15 % da área e apresentam características físicas de boa permeabilidade, porém com limitações para o uso agrícola, principalmente ao

uso de máquinas pesadas, sendo pouco espesso (EMBRAPA, 2013). Por isso, são suscetíveis à ocorrência de processos erosivos e degradação, caso não sejam manejados de forma adequada, o que permite classificá-los com fragilidade muito alta (BATISTA; SILVA, 2013; ROSS, 1994).

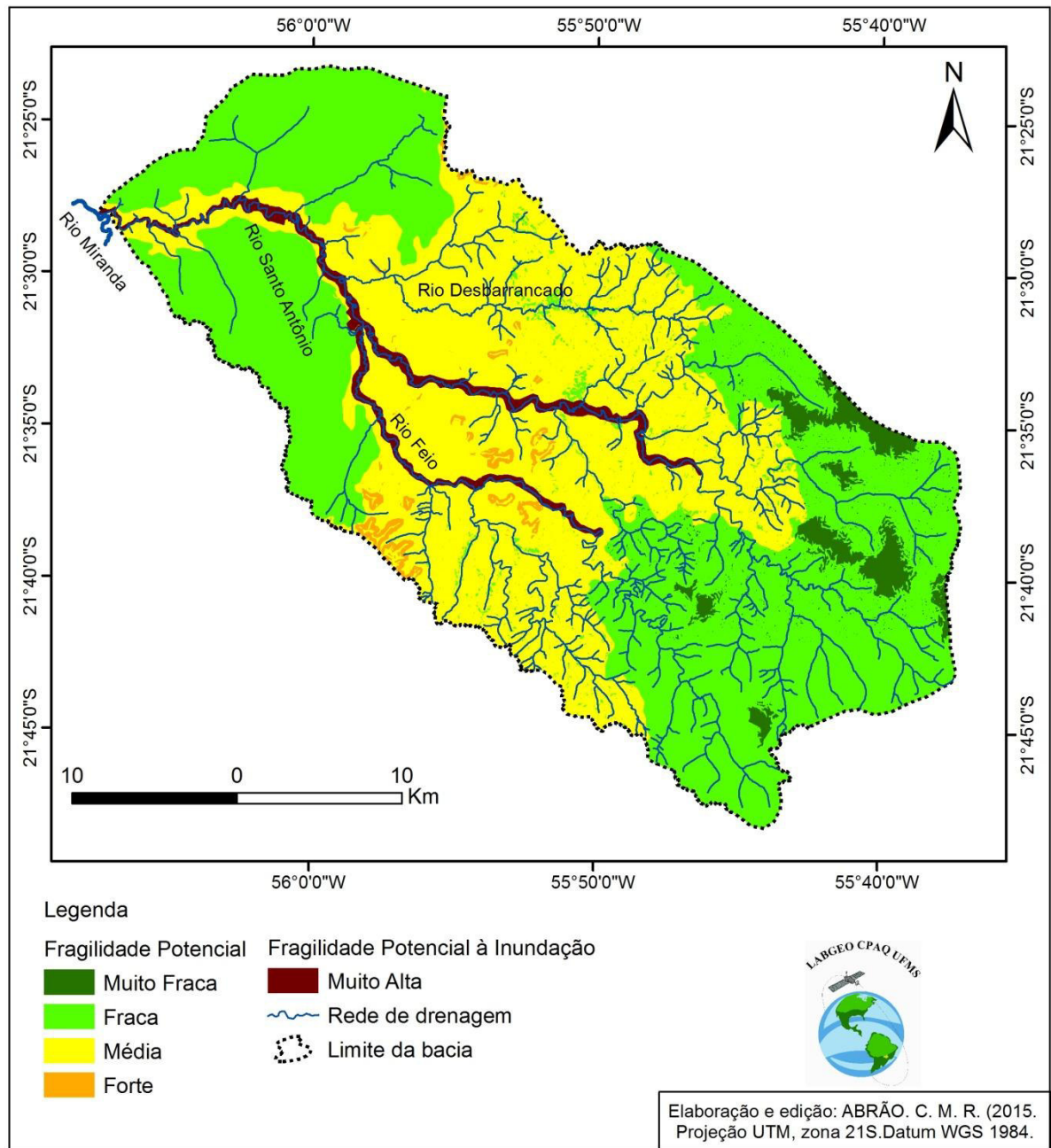
O Neossolo Quartzarênico e Neossolo Litólico ocupam 18,2 e 4,4 % da bacia, respectivamente. Estão localizados no médio curso, sob uma área de declividade média e alta, caracterizada por relevos inclinados. Apresentam baixa fertilidade natural e são pouco profundos onde, muitas vezes, encontram-se em processo de formação. Por isso, apresentam certas restrições de uso por atividades agropecuárias e são propícios a sofrerem erosão (ABRÃO et al., 2015). Em razão disso, atribui-se peso de fragilidade muito alta. Nesse sentido, devem sempre ser manejados de forma adequada com utilização de práticas conservacionistas (OLIVEIRA et al., 2012; CUNHA, 2012).

Os Plintossolos ocupam 5,18% da bacia e estão situados na planície de inundação do rio Santo Antônio e rio Feio. Segundo Lepsch (2010), esse tipo de solo está situado em locais de baixa drenagem e, quando exposto ao sol, endurecem ao perder a umidade, formando nódulos de plintita, um dos seus componentes físicos. Por isso, apresentam grande limitação para o uso econômico e podem ser facilmente degradados com a remoção da vegetação, sendo facilmente erodidos (FERRAZ et al., 2008).

4.5 Fragilidade Potencial

A BHRSA apresentou 4 diferentes graus de fragilidade potencial: muito fraca, fraca, médio e forte. A área da planície de inundação foi sobreposta ao mapa de fragilidade potencial e, de acordo com a proposta de Ross (2012), está situada em áreas com declividade até 2% próximas aos canais fluviais, cuja fragilidade à inundação é classificada como muito alta (Figura 9).

Figura 9 – Mapa de fragilidade potencial da BHRSA.



O grau de fragilidade fraca foi o mais encontrado, ocupando 50,88 % da área, seguido do grau de fragilidade média, com 44,86% (Tabela 8). Esses níveis de fragilidades estão associados à classe de solos encontrados na área, na maioria Latossolo Vermelho, cujo peso de fragilidade   de muito fraca.

Resultados similares foram encontrados por Manfré et al. (2013) e Cabral et al. (2011), cuja área de estudo também apresentava predomínio de Latossolo e com baixa declividade. O fator declividade, por outro lado, influenciou nos resultados, já que a área apresenta baixas declividades (2 a 15 %) e extensas áreas de relevo

plano, favorável à ocupação e menos favorável à erosão (GONÇALVES et al., 2011; OLIVERIA et. al., 2012).

A fragilidade de grau muito fraca ocupa 3,19 % da BHRSA (Tabela 7). Está situada no alto curso da bacia, em áreas de baixa declividade entre 0 e 2 %, e com presença das diferentes classes de Latossolo. Já a fragilidade potencial forte abrange 1,07% da área. Nos locais onde ela se encontra, a declividade é mais acentuada, variando entre 15 e 30%. Por outro lado, há a presença de solos como Neossolo Litólico, Neossolo Quartzarênico e Plintossolo, cuja fragilidade é muito alta. Nesse contexto, essas áreas apresentam maior fragilidade do ponto de vista natural com processos erosivos. Resultados parecidos foram encontrados por Manfré et al. (2013) e Cabral et al. (2011), sendo que áreas com essas características naturais preconizam uma restrição ao uso antrópico.

Os espaços sobre a planície de inundação apresentam condições naturais de fragilidade muito alta à inundação, sendo restrita a sua ocupação por atividades antrópicas, pois podem causar desequilíbrios ambientais e afetar o sistema hidrológico (OLIVEIRA et., 2012). Essa área é caracterizada por áreas úmidas e inundáveis, solos hidromórficos, sendo influenciada pelo regime hidrológico dos canais. Sendo assim, elas possuem alta restrição natural a qualquer tipo de uso antrópico, tanto econômico quanto para moradias e são consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP) (CUNHA, 2012).

Tabela 7 – Quantificação da fragilidade potencial na BHRSA.

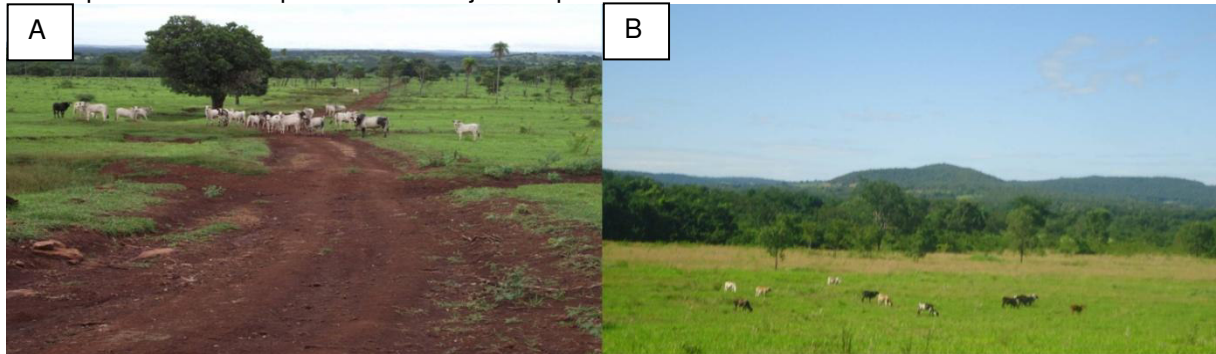
Grau de Fragilidade Potencial	Área (Km ²)	Porcentagem (%)
Muito Fraca	38,36	3,19
Fraca	611,6	50,88
Média	539,06	44,86
Forte	12,98	1,07
Muito Forte	*	*
Total	1.202	100

* Classes de fragilidade potencial não encontrada

4.6 Uso da Terra e Cobertura Vegetal

A classe de uso para pastagem está presente em grande parte da bacia, representada por gramíneas nativas ou exóticas, principalmente da espécie *Brachiária*, que é utilizada como fonte de alimento para criação de bovinos (Figura 10).

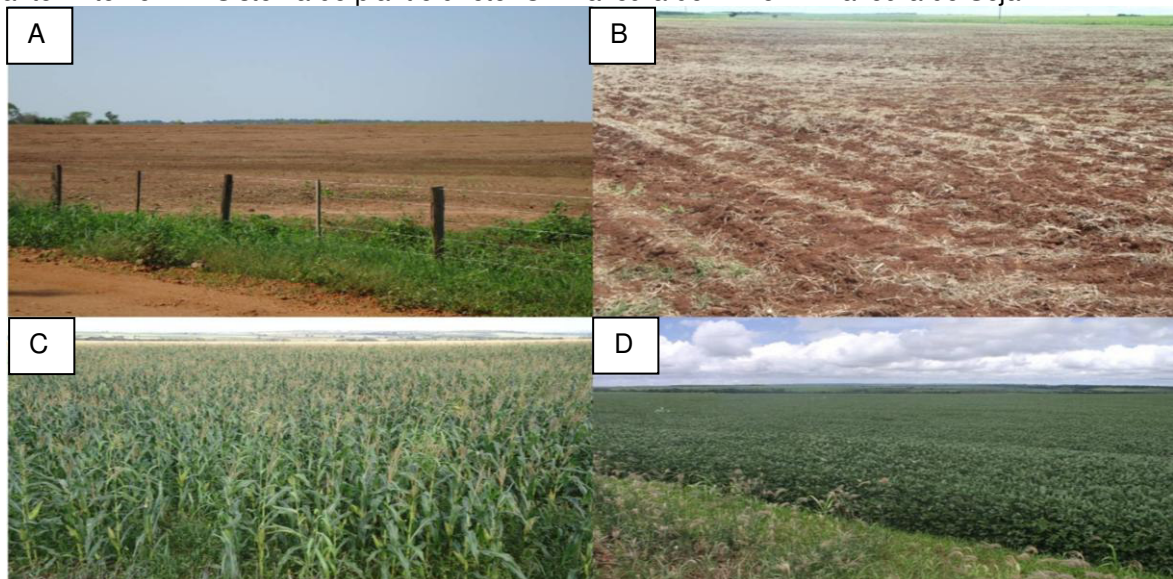
Figura 10– Classe de uso da terra pela pastagem na BHRSA. A – Pastagem exótica utilizada para criação de bovinos. B – Pastagem mista com presença de gramíneas e nativas e exóticas em área de relevo plano. Ao fundo planalto Maracaju-Campo Grande.



Fonte: ABRÃO, C. M. R. (2015). Trabalho de Campo.

A classe representada pela agricultura convencional ocupa áreas do médio e alto curso, com presença das diferentes classes de Latossolos, cujas características físicas e químicas favorecem a prática dessa atividade econômica (Figura 11a). Já a agricultura conservacionista apresenta alto grau de mecanização e utiliza técnicas de proteção e conservação do solo (rotação de cultura, plantio direto) (Figura 11b). Os dois tipos de agricultura apresentam cultivos cíclicos, com uma safra de verão (soja ou milho) e outra safra de inverno (milho, trigo ou sorgo) (Figura 11c e d). Ressalta-se a existência do cultivo de cana-de-açúcar em áreas próximas às nascentes do rio Desbarrancado, afluente do rio Santo Antônio (ABRÃO et al. 2015).

Figura 11 – Classe de uso da terra pela agricultura na BHRSA. A – Área gradeada próxima ao rio Santo Antônio. B – Sistema de plantio direto. C – Lavoura de milho. D- Lavoura de Soja.

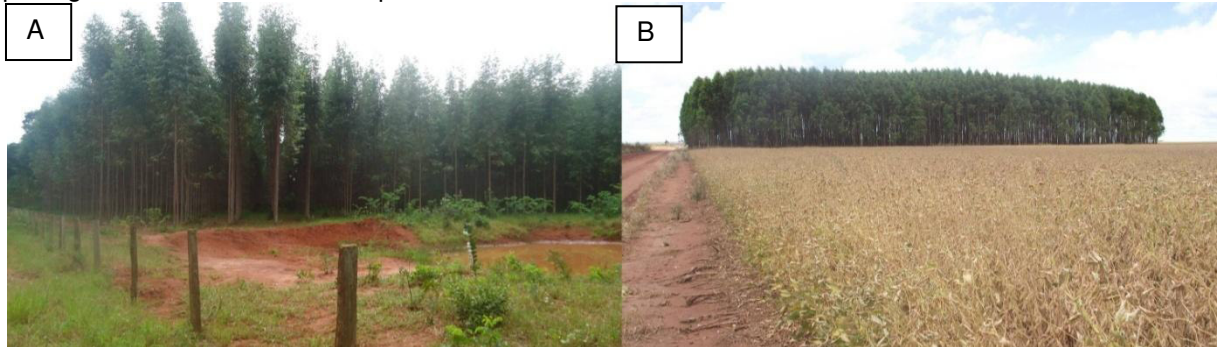


Fonte: ABRÃO, C. M. R. (2015). Trabalho de Campo.

A classe mapeada como silvicultura corresponde a áreas reflorestadas com espécies exóticas, como Eucaliptos (*Eucalyptus*). Essa atividade geralmente é

praticada para recuperação de áreas degradadas, como pastagem ou até mesmo recuperação da vegetação ciliar (Figura 12), e pode ser praticada de forma consorciada com lavoura ou pecuária (MARTINS, 2007). Os trabalhos de campo não revelaram o cultivo de *pinus* (*pinus eliottii*).

Figura 12 – Classe de uso da terra pela silvicultura na BHRSA. A – Cultivo de eucaliptos com pastagem. B – Cultivo de eucaliptos com lavoura.

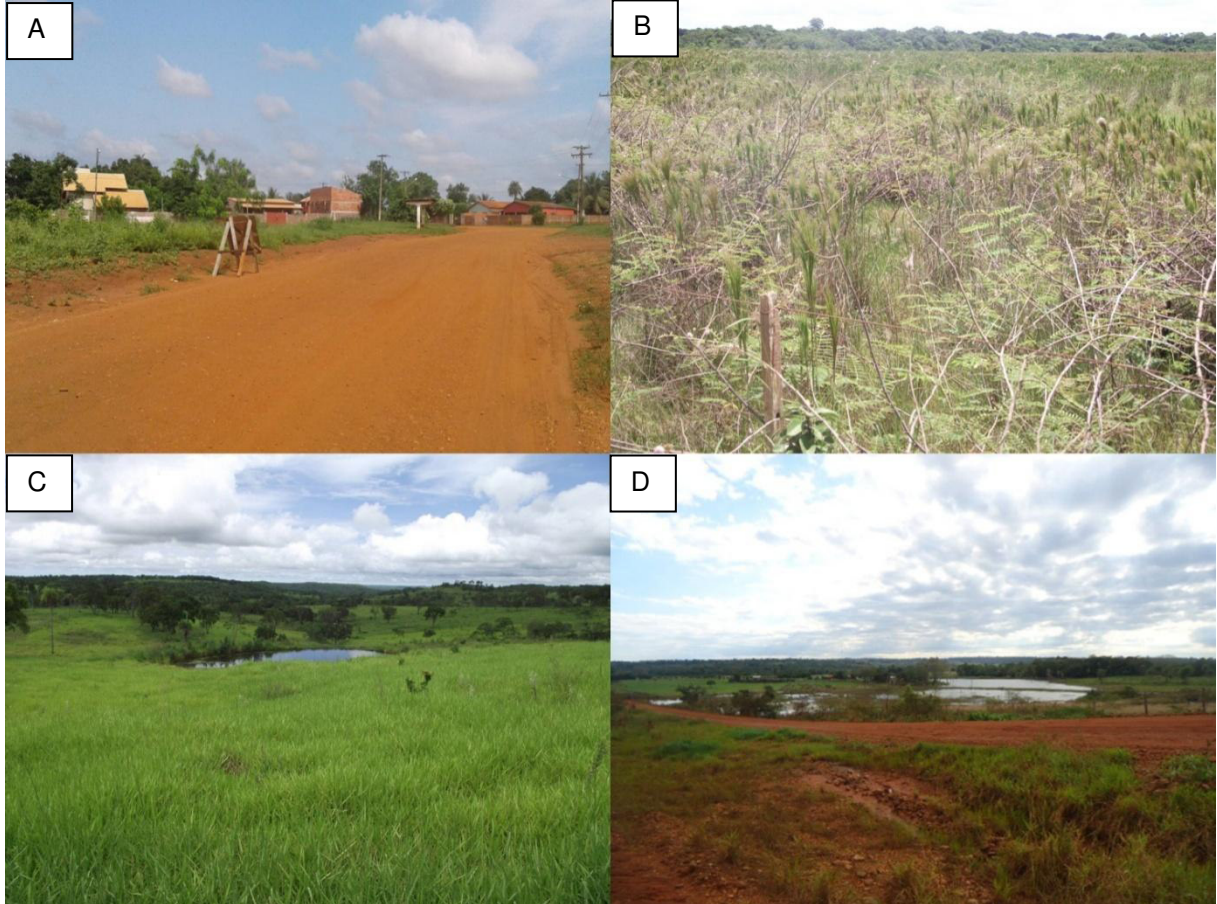


Fonte: ABRÃO, C. M. R. (2015). Trabalho de Campo.

A classe de área urbana compreende apenas à cidade de Guia Lopes da Laguna, situada no baixo curso da bacia (Figura 13a). As áreas úmidas localizam-se em espaços com presença de água de forma permanente ou temporária, com vegetação típica paludosa ou capim Rabo de Burro (*Andropogon Condensatus*) (Figura 13b). Já os corpos d'água são formados por reservatórios naturais e artificiais, para represar água de nascentes, cursos d'água ou água da chuva, que é utilizada para dessedentação de animais, irrigação de lavouras ou piscicultura (Figura 13c). Identificou-se, entretanto, que muitas áreas úmidas foram represadas, formando grandes reservatórios de água para os mesmos fins, conforme se pode observar na Figura 13d.

Nas áreas com cobertura vegetal, destaca-se a presença da Savana/ Floresta Estacional Decidual Submontana em estado de conservação, abrangendo locais de relevo plano a levemente ondulado no médio curso da bacia, circundado por pastagem cultivada (Figura 14).

Figura 13 – Classes de uso e cobertura da terra na BHRSA. A – Área urbana de Guia Lopes da Laguna (MS-382), trecho não pavimentado. B – Área Úmida. C – Reservatório de água (açude). D – Reservatório de água construído em Área Úmida (Brejo).



Fonte: ABRÃO, C. M. R. (2015). Trabalho de Campo.

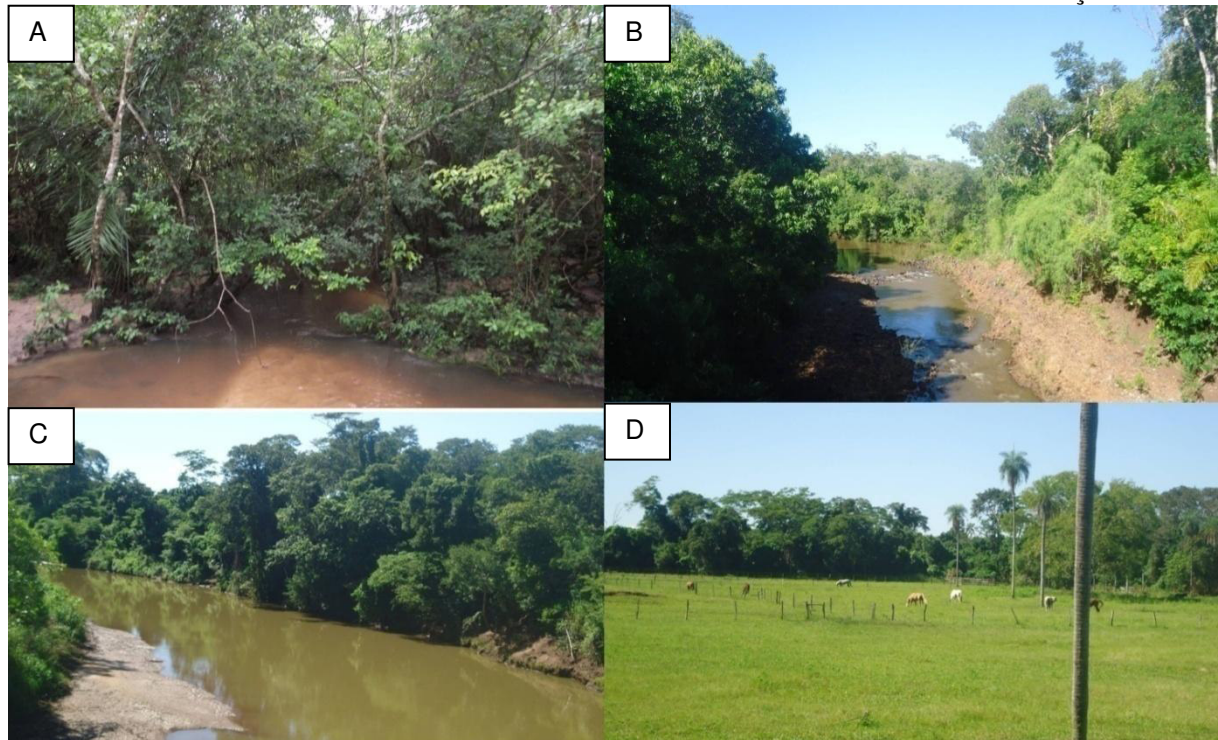
Figura 14 – Área coberta pela Savana/ Floresta Estacional Decidual Submontana na BHRSA. Pode-se observar áreas de relevo suavemente ondulado ao fundo.



Fonte: ABRÃO, C. M. R. (2015). Trabalho de Campo.

A Savana Com Floresta de Galeria é um tipo de vegetação muito comum na área, situada às margens dos pequenos córregos com leitos estreitos (Figura 15a). A vegetação tipicamente arbórea forma galerias que impedem a penetração dos raios solares. Já a Savana Sem Floresta de Galeria ocupa canais com leitos mais largos, nos quais isso não ocorre (Figura 15b). A Floresta Aluvial ou Vegetação Ciliar compreende áreas de vegetação de porte arbóreo, arbustivo ou herbácea nativa, situada na planície de inundação do rio Santo Antônio (Figuras 15c e d). Por isso, possui característica de vegetação adaptada a solos hidromórficos, com ou sem a presença de água.

Figura 15– Classe de cobertura vegetal próximo aos canais na BHRSA. A – Savana Com Floresta de Galeria. B – Savana Sem Floresta de Galeria. C – Floresta Aluvial. D – Planície de Inundação.



Fonte: ABRÃO, C. M. R. (2015). Trabalho de Campo.

4.7 Fragilidade Ambiental

Com os resultados do mapeamento da fragilidade potencial e do uso da terra e cobertura vegetal para o ano de 2014, foi elaborado o mapa de fragilidade ambiental (emergente) para BHRSA. As classes de uso da terra e cobertura vegetal foram reclassificadas de acordo como o grau de proteção que exercem sobre o solo (ROSS, 1994), conforme se pode observar na Tabela 8.

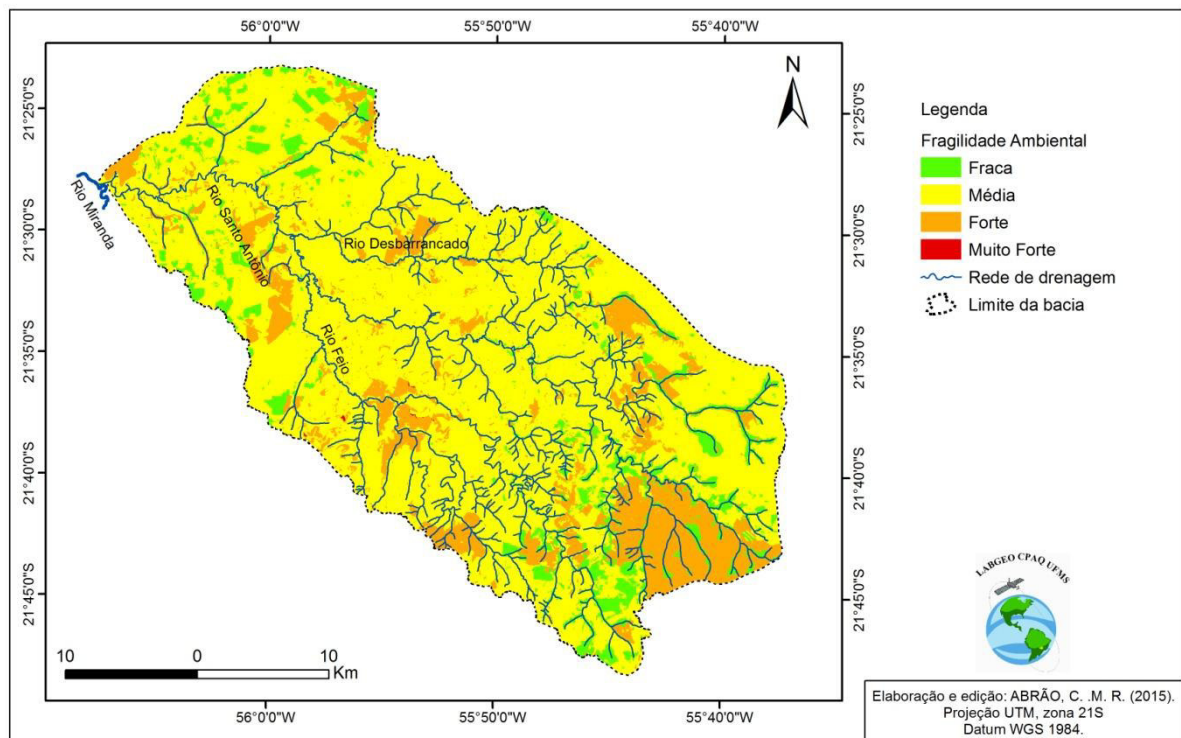
Tabela 8 - Grau de fragilidade atribuído às classes de uso da terra e cobertura vegetal.

Classe de uso da terra e cobertura vegetal	Grau de Proteção
Pastagem	3 (Média)
Agricultura convencional	5 (Muito Baixa)
Agricultura conservacionista	4 (Baixa)
Corpos d'água	5 (Muito Baixa)
Área Úmida	5 (Muito Baixa)
Área Urbana	5 (Muito Baixa)
Silvicultura	3 (Média)
Savana Com Floresta de Galeria	2 (Alta)
Savana Sem Floresta de Galeria	2 (Alta)
Savana/Floresta Estacional Decidual Submontana	2 (Alta)
Savana Arborizada	2 (Alta)
Savana Arborizada Gramíneo Lenhosa	2 (Alta)
Savana Florestada	2 (Alta)
Floresta Aluvial	2 (Alta)
Vegetação Secundária de Savana	3 (Média)

Fonte: adaptado de Ross (1994).

Foram encontradas quatro classes de fragilidade ambiental na BHRSA: fraca média, forte e muito forte (Figura 16).

Figura 16 – Mapa de fragilidade ambiental na BHRSA.



A classe de fragilidade ambiental que mais predomina na BHRSA é a de média fragilidade, com ocorrência em 74,81% da área (Tabela 9) (Figura 17a).

Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al. (2012), nos quais fatores como declividade baixa e Latossolos com uso para pastagem foram os que influenciaram nessa situação.

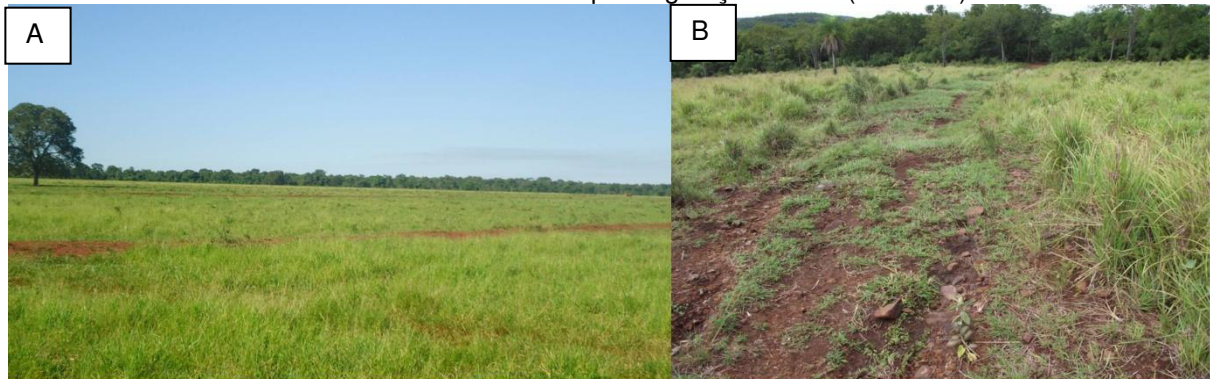
Tabela 9 – Quantificação da fragilidade ambiental na BHRSA.

Grau de Fragilidade Ambiental	Área (Km ²)	Porcentagem (%)
Muito Fraca	*	*
Fraca	107,43	8,93
Média	899,28	74,81
Forte	194,92	16,23
Muito Forte	0,37	0,03
Total	1.202	100

* Classe de fragilidade ambiental não encontrada.

As áreas de fraca fragilidade correspondem a 8,93% e estão situadas em áreas onde há remanescente de cobertura vegetal, principalmente em áreas de Vegetação Aluvial e Savana/Floreta Estacional Decidual Submontana (Figura 17b). Resultado similar foi encontrado por Corte et al. (2015) Cabral et al. (2011), mostrando que a presença da cobertura vegetal teve grande influência para a ocorrência da fraca fragilidade ambiental.

Figura 17 – Áreas de média e fraca fragilidade ambiental na BHRSA. A – área de pastagem cultivada com sistema de curva de nível. B – Área coberta por vegetação nativa (ao fundo).

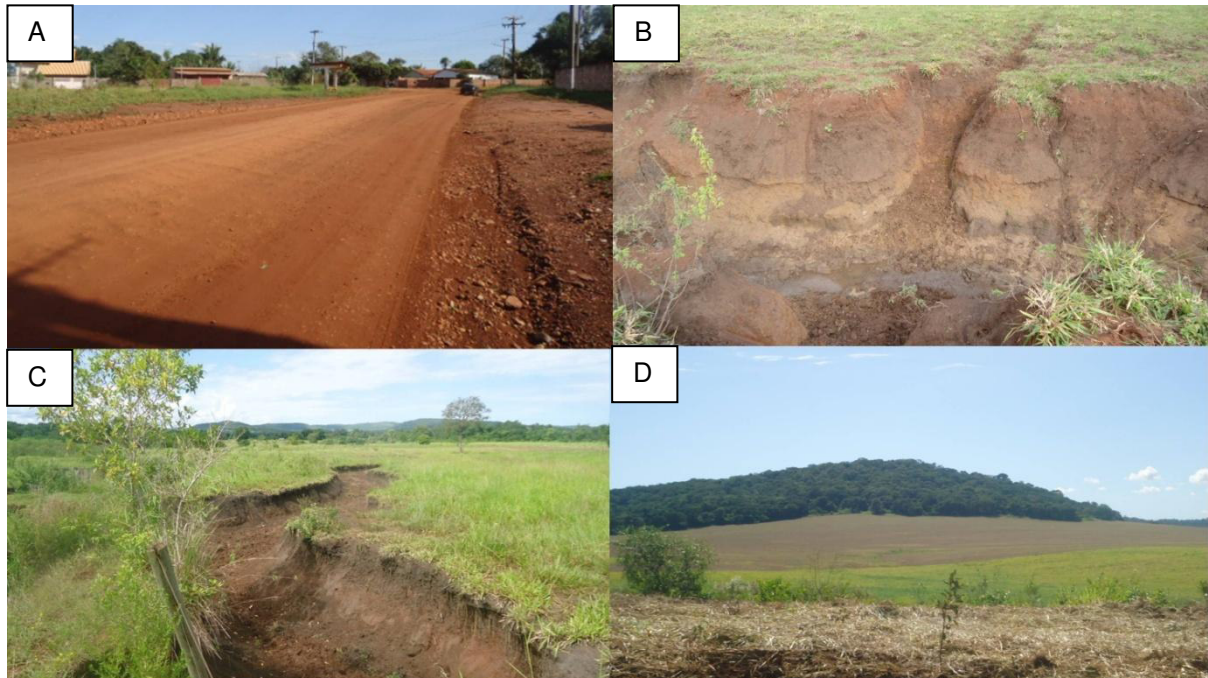


Fonte: ABRÃO, C. M. R. (2015). Trabalho de Campo.

As áreas de forte fragilidade encontram-se em 16,23% da BHRSA, ocorrendo principalmente em áreas de agricultura convencional. Ressalta-se a presença de fragilidade ambiental forte, nos afluentes principais do rio Santo Antônio, rio Feio e Desbarrancado e no perímetro urbano de Guia Lopes da Laguna (Figura 18a). Nessas duas sub-bacias foram identificados locais com fortes processos erosivos, em áreas de pastagem, causados pelo pisoteio contínuo de bovinos (Figuras 18b e c).

Nesses locais, a presença dos Neossolo Quartzarênico e Neossolo Litólico eleva a fragilidade para forte, o que favorece o surgimento de processos erosivos em situação de uso intensivo (ABRÃO et al., 2015). A forte inclinação favoreceu a classificação dessas áreas com forte fragilidade, bem como a sua utilização para lavouras (Figura 17d). Nesse sentido, essas áreas destinadas às práticas agrícolas devem ser usadas com cautela, para que o grau de fragilidade não aumente, pois suas características físicas (declividade e solo) favorecem a ocorrência de processos erosivos (BACANI; LUCHIARI, 2014).

Figura 18 – Áreas de forte fragilidade ambiental. A – Início do perímetro urbano de Guia Lopes da Laguna (MS 382). B e C- Marcas de processos erosivos causado pelo pisoteio contínuo do gado. D – Lavoura cultivada em área com forte declividade



Fonte: ABRÃO, C. M. R. (2015). Trabalho de Campo.

A classe de fragilidade ambiental muito forte teve pouca ocorrência na bacia, ocupando apenas 0,03% da área (Figura 19). Essa categoria está associada à presença de áreas com declividade muito alta, ocupadas por pastagem em áreas de solo com textura arenosa e pouca profundidade. Gonçalves et al. (2011) também observaram o mesmo resultado relacionado aos mesmos fatores. Nesse sentido, essas áreas devem ser restritas a qualquer tipo de uso da terra, pois, segundo Cabral et al. (2011), são áreas suscetíveis a sofrerem danos com erosão e perda de solos e, por isso, devem se manter preservadas.

Figura 19 – Área de fragilidade ambiental muito forte. Esta área apresenta declividade muito forte com uso de pastagem com pouca cobertura de vegetação arbórea.



Fonte: ABRÃO, C. M. R. (2015). Trabalho de Campo.

4.8 Avaliação das Transformações no Uso da Terra e Cobertura Vegetal Relacionando com os Níveis de Fragilidade na BHRSA

A BHRSA passou por um processo intensivo de ocupação de 1986 a 2014, principalmente por atividades agropecuárias (pastagem/agricultura) e redução da cobertura vegetal (Tabela 10), o que aumentou o nível fragilidade ambiental de média a forte. A classe de uso pastagem predominou nos três períodos analisados e, atualmente, ocupa 52,1% da área. A agricultura convencional é a segunda classe de uso da terra mais presente na bacia, com 12,57% em 2014. Já a outra classe de agricultura conservacionista ocupou 8,88%. Em comparação aos outros períodos mapeados, a agricultura convencional vem ocupando áreas, principalmente do alto curso, no sentido sudoeste da bacia, cuja fragilidade ambiental foi diagnosticada como forte.

A Silvicultura foi identificada somente para o ano de 2014 ocupando 0,24 % da área. A classe de área urbana teve um aumento mínimo de 0,31% nesses 28 anos de análise na área de estudo. A classe de corpos d'água também teve um aumento, nesse período, de 2,72%, em 1986; 2,94%, em 2000; e 3,09%, em 2014. Por outro lado, as áreas úmidas tiveram um aumento de 0,22%, em 2000; e diminuição, em 2014, para 0,08% do total da área da bacia.

Tabela 10 - Quantificação do uso da terra e cobertura vegetal na BHRSA para os anos de 1986, 2000 e 2014.

Ano	1986		2000		2014	
	Classes	Km ²	Porcentagem (%)	Km ²	Porcentagem (%)	Km ²
Pastagem	515,35	42,88	601,36	50,08	626,27	52,1
Agricultura convencional	193,85	16,12	211,38	17,58	150,14	12,57
Agricultura conservacionista	*	*	*	*	106,83	8,88
Silvicultura	*	*	*	*	2,95	0,24
Área Urbana	1,92	0,15	2,68	0,22	3,76	0,31
Corpos d'água	32,79	2,72	35,4	2,94	37,24	3,09
Área Úmida	1,09	0,09	2,66	0,22	1,07	0,08
Total de uso e cobertura da terra	745	61,96	853,48	71,04	928,26	77,27
Savana Com Floresta de Galeria	5,17	0,43	8,56	0,7	7,96	0,66
Savana Sem Floresta de Galeria	31,64	2,63	24,53	2,04	11,73	0,97
Savana/Floresta Estacional Decidual Submontana	270,48	22,5	175,15	14,57	141,83	11,79
Savana Arborizada	5,46	0,45	7,79	0,64	7,1	0,59
Savana Arborizada Gramíneo Lenhosa	3,26	0,27	2,68	0,22	2,09	0,17
Savana Florestada	12,06	1	6,63	0,44	3,77	0,31
Floresta Aluvial	128,88	10,72	120,17	9,99	98,78	8,21
Vegetação Secundária de Savana	0,05	0,04	3,01	0,25	0,48	0,03
Total de cobertura vegetal	457	38,04	348,52	28,96	273,74	22,73
Total	1.202	100	1.202	100	1.202	100

* Classes de uso da terra não mapeadas para o período.

Nesse cenário, ressalta-se a redução da cobertura vegetal nativa que, em 1986, abrangia 38,04% da área e, atualmente, ocupa apenas 22,73%. As classes de cobertura vegetal mais devastadas compreendem a Savana Arborizada Gramínea Lenhosa, Savana Florestada e Savana Arborizada, que ocupam atualmente 0,17, 0,31 e 0,59% respectivamente. A classe de vegetação com maior domínio na BHRSA é a Savana/Floresta Estacional Decidual Submontana, que, em 1986, ocupava 22,5% e, em 2014, remanesce em 11,79% da área, resultando numa redução de 10,71% da sua área. Essas áreas de vegetação nativa apresentavam uma fragilidade potencial fraca, pois as condições físicas propiciavam essa condição. Porém, com a sua remoção para implantação de pastagem exótica, aumentou o nível de fragilidade ambiental para média.

O mapeamento de uso da terra a partir de imagens de satélite e das informações contidas no projeto GeoMS (SILVA et al., 2011) sobre a vegetação,

resultou 13 classes para os anos de 1986 e 2000 e 15 classes para o ano de 2014, sendo que apenas a classe de Silvicultura e agricultura conservacionista não foi encontrada nos anos anteriores. As classes de uso e cobertura da terra estão divididas em 7 categorias: pastagem, agricultura convencional, agricultura conservacionista, silvicultura, área urbana, área úmida e corpos d'água.

A cobertura vegetal foi dividida em 8 subclasses: Savana Com Floresta de Galeria, Savana Sem Floresta de Galeria, Savana/Floresta Estacional Decidual Submontana, Florestada Arborizada, Savana Arborizada Gramíneo Lenhosa, Savana Florestada, Floresta Aluvial e Vegetação Secundária de Savana. As transformações paisagísticas ocorridas pela ação antrópica nos últimos 28 anos podem ser observadas nas Figuras 20, 21 e 22.

Figura 20 – Mapa de uso da terra e cobertura vegetal da BHRSA para 1986.

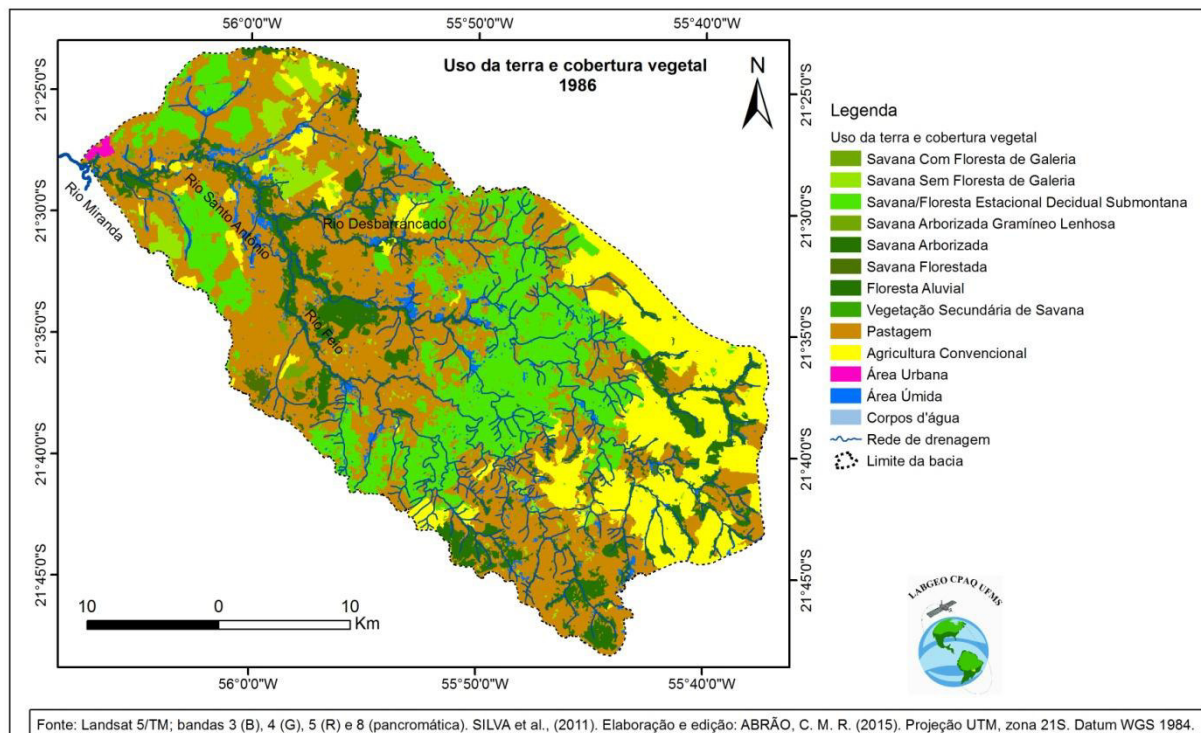


Figura 21 – Mapa de uso da terra e cobertura vegetal da BHRSA para 2000.

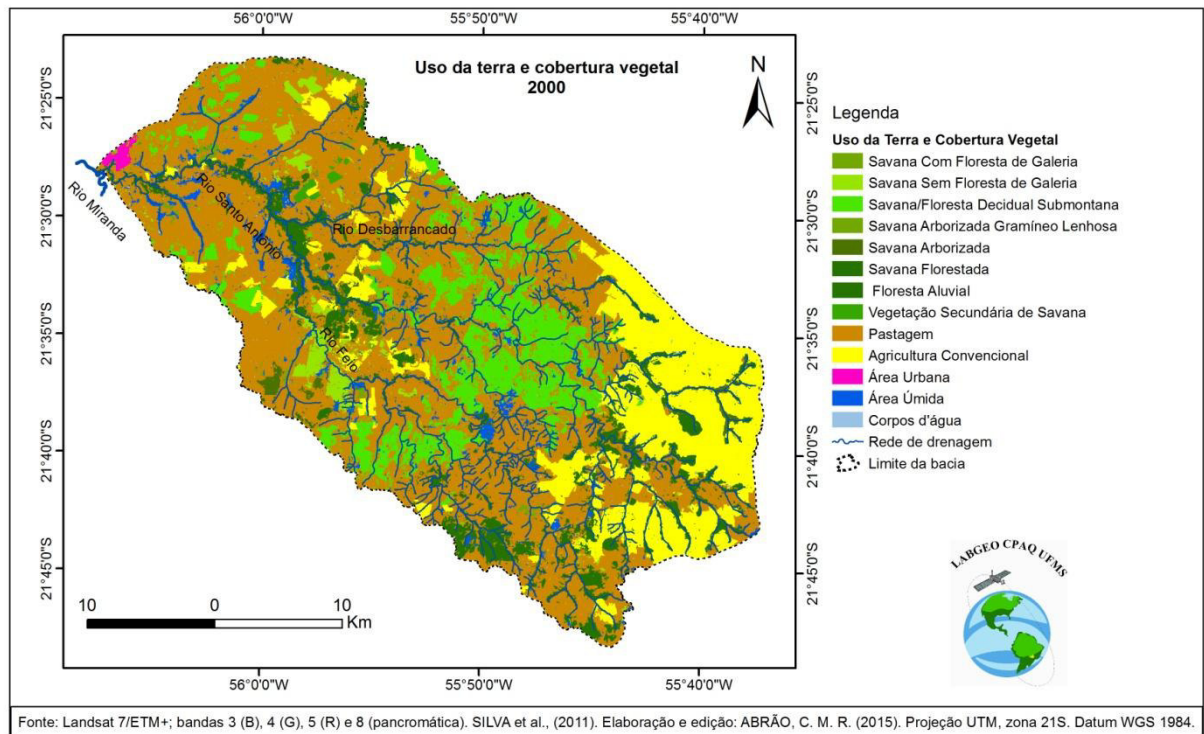
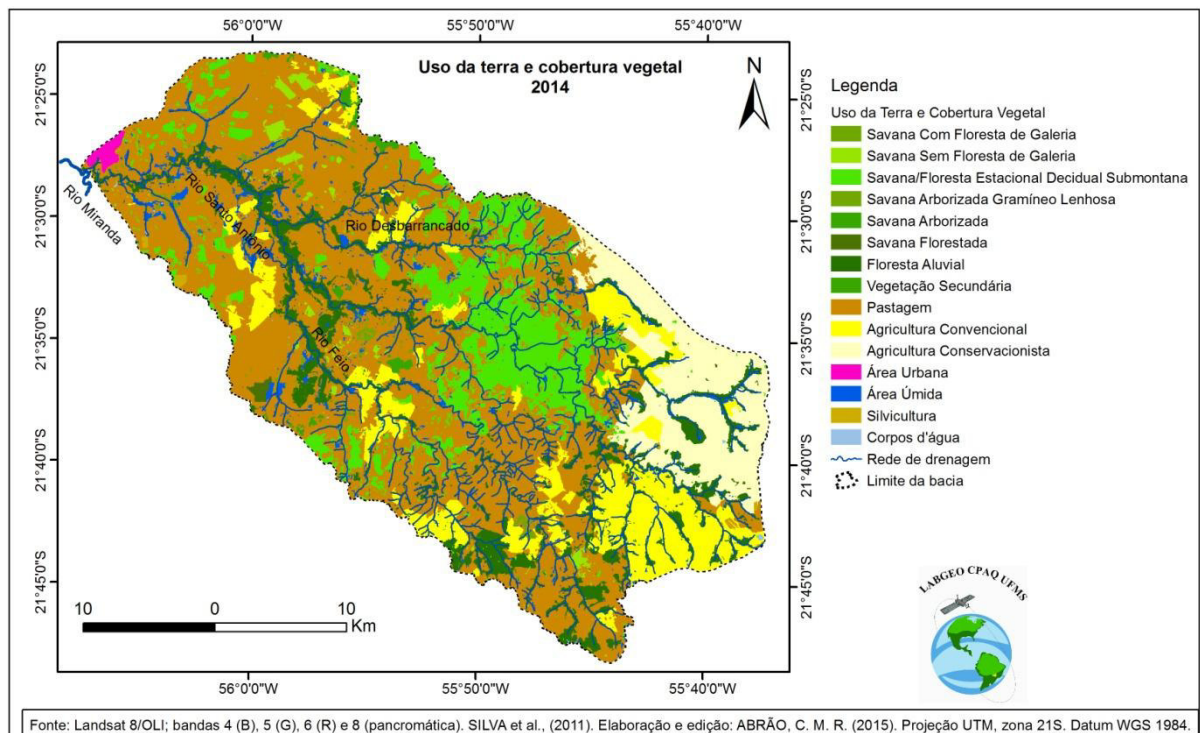
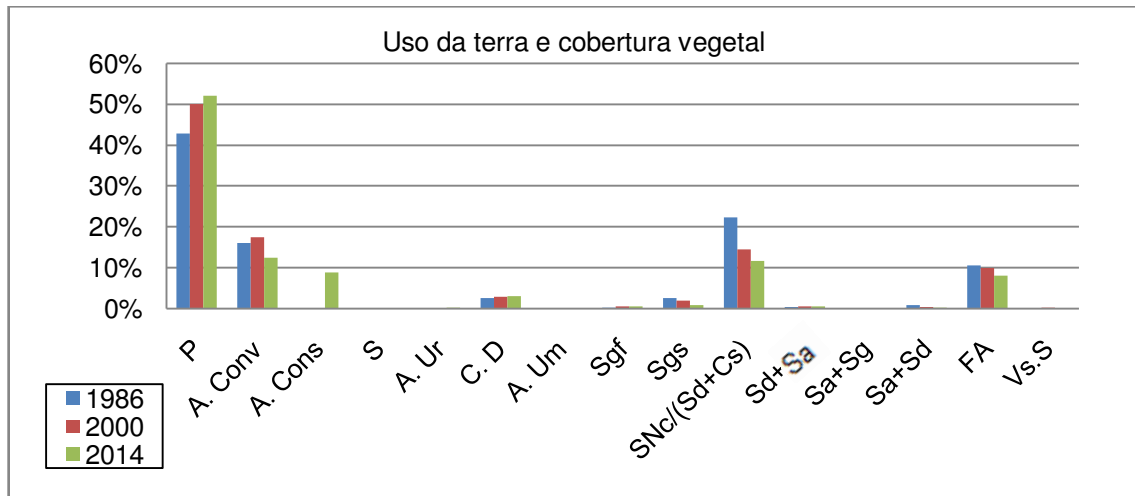


Figura 22 – Mapa de uso da terra e cobertura vegetal da BHRSA para 2014.



No gráfico da Figura 23, pode-se verificar o crescimento dos tipos uso da terra, sobretudo da pastagem e agricultura convencional. Por outro lado, há redução da cobertura vegetal, principalmente da Savana/Floresta Estacional Decidual Submontana.

Figura 23 – Comparação nas mudanças do uso da terra e redução da cobertura vegetal da BHRSA.



Legenda: P = Pastagem; A. Conv = Agricultura Convencional; A. Cons = Agricultura Conservacionista; S = Silvicultura; A. Ur= Área Urbana; C. D = Corpos D'água; A. Um = Área Úmida; Sgf = Savana Com Floresta de Galeria; Sgs = Savana Sem Floresta de Galeria; Snc (SD + Cs) = Savana/Floresta Estacional Decidual Submontana; Sd + Sa =Savana Arborizada; Sa + Sg = Arborizada Gramíneo Lenhosa; Sa + Sd = Savana Florestada; Fa = Floresta Aluvial; Vs. S = Vegetação Secundária de Savana. Fonte: Cobertura vegetal conforme Silva et al. (2011).

Nesse período analisado, houve a substituição de grande parte da vegetação nativa por áreas destinadas a atividades agropecuárias, principalmente a pastagem cultivada, no baixo e médio curso, de 1986 a 2014. Resultado similar foi encontrado por Miguel, Medeiros e Wallace (2013), com predomínio de pastagens em áreas com declividade acentuada na bacia do rio Taquaruçu/MS. Além da declividade, a ocorrência de pastagem nessa área se deve aos solos Neossolo Quartzarênico, Neossolo Litólico e Plintossolos, que não são favoráveis à prática agrícola.

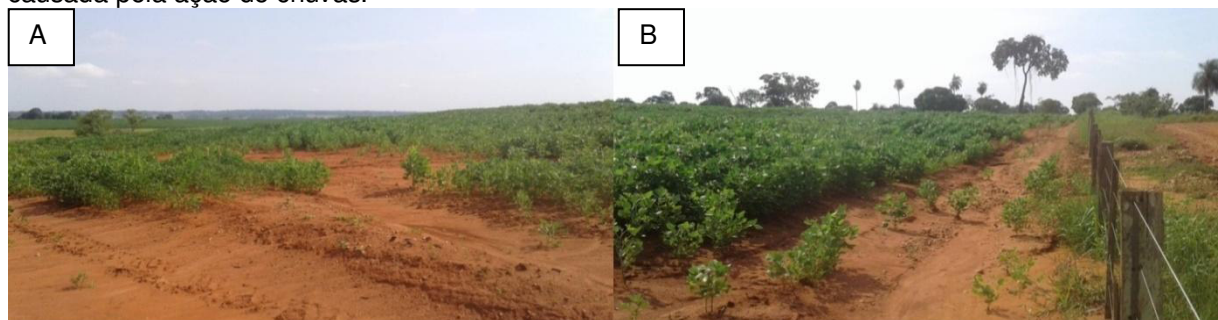
No entanto, a conversão de florestas nativas para implantação de pastagens exóticas causa graves impactos aos recursos naturais (BOTELHO; SILVA, 2011). Inicialmente ocorre a redução da proteção do solo contra a erosão da chuva, pois, segundo Guerra (2012), a vegetação de porte arbóreo desempenha um papel similar ao de “guarda chuva”, ao cobrir o solo com material orgânico.

A super lotação de animais em áreas de pastagem provoca a compactação do solo, dificultando a permeabilidade da água e facilitando a ocorrência do escoamento superficial e, além disso, a criação de caminhos por onde circulam os animais, principalmente bovinos, causa a remoção do solo e formação de processos erosivos, desde ravinas, que podem evoluir para voçorocas (LEPSCH, 2010).

A classe de agricultura convencional vem se expandindo na bacia, principalmente em áreas do alto curso em direção às nascentes do rio Feio, afluente

do rio Santo Antônio. Essas áreas apresentam condições favoráveis à prática agrícola, com relevo plano, pois facilitam a mecanização e ocorrência de solos férteis da classe Latossolo Vermelho. No entanto, a agricultura convencional não utiliza práticas conservacionistas do solo, como plantio direto ou rotação de culturas, que, segundo Botelho e Silva (2011), são técnicas de manejos essenciais para proteção e conservação dos solos (Figura 24 a e b).

Figura 24 - Área praticada pela agricultura convencional. É possível perceber sinais de erosão causada pela ação de chuvas.



Fonte: ABRÃO, C. M R. (2015). Trabalho de Campo.

Em outras áreas da bacia onde se pratica esse tipo de agricultura, a fragilidade ambiental tende a aumentar do nível médio para forte, pois elas apresentam restrições de uso intensivo, devido ao tipo de solos pertencerem à classe dos Neossolos Quartzitrênicos e à declividade variar entre 12 e 20%, muitas vezes situadas em vertentes.

4.9 Validação do Mapeamento de Uso da Terra e Cobertura Vegetal

A Tabela 11 mostra os resultados obtidos através do índice *Kappa*, bem como os erros de inclusão e omissão das respectivas classes temáticas.

Tabela 11 - Parâmetros estatísticos dos mapeamentos de uso da terra e cobertura vegetal (E.I = Erros de Inclusão; E.O = Erros de Omissão; a = 1986; b = 2000 e c = 2014).

Classes temáticas	Acurácia			E.I			E.O			Índice <i>Kappa</i>		
	a	B	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
Savana Com Floresta de Galeria	0,65	0,70	0,98	0,11	0,07	0,13	0,35	0,30	0,20			
Savana Sem Floresta de Galeria	0,86	0,83	0,76	0,04	0,04	0,05	0,14	0,07	0,10			

Continua...

Savana/Floresta Estacional Decidual Submontana	0,86	0,86	0,88	0,25	0,26	0,34	0,14	0,14	0,12	0,66	0,72	0,75
Savana Arborizada Gramíneo Lenhosa	0,90	0,75	0,55	0	0	0	0,17	0,12	0,15			
Savana Arborizada	0,50	0,85	0,45	0	0	0	0,50	0,15	0,55			
Savana Florestada	0,70	0,60	0,70	0,30	0,23	0,15	0,30	0,20	0,15			
Floresta Aluvial	0,90	0,93	0,90	0,22	0,17	0,14	0,10	0,07	0,10			
Vegetação Secundária	0,80	1	0,80	0	0	0	0,20	0	0,20			
Pastagem	0,91	0,86	0,98	0,12	0,15	0,10	0,09	0,14	0,20			
Agricultura Convencional	0,91	0,91	0,99	0,09	0,07	0,12	0,09	0,09	0,10			
Agricultura Conservacionista	*	*	0,82	*	*	0,14	*		0,18			
Área Urbana	1	1	1	0	0	0	0	0	0			
Área Úmida	0,40	0,50	0,65	0,71	0,57	0,40	0,60	0,50	0,35			
Silvicultura	*	*	0,99	*	*	0	*	*	0,10			
Corpos d'água	0,80	0,60	0,80	0	0,26	0	0,20	0,40	0,20			

* Classe de uso da terra e cobertura vegetal não encontrada para o período.

De acordo com a escala de avaliação estatística Kappa (Landis; Kock, 1977), os três mapas apresentaram um nível “muito bom” de acurácia, elencando-se alguns resultados:

1- As classes de uso da terra pastagem e agricultura convencional obtiveram melhores valores de acurácia, acima de 0,91%. Alguns pixels de ambas as classes foram agrupados como Áreas Úmidas, que, por sua vez, não apresentaram bons resultados.

2- A Área Urbana teve 100% de acurácia, pois essa é representada apenas pela cidade de Guia Lopes da Laguna. A Silvicultura também teve ótimos resultados, com apenas um erro de omissão, na qual foi classificada como Savana/Floresta Estacional Decidual Submontana.

3 – O tipo de cobertura vegetal classificado com melhor acurácia foi a Floresta Aluvial, acima de 0,90%. Destaca-se um elevado índice de inclusão dessa classe em áreas de Savana Com e Sem florestas de galeria, bem como Áreas Úmidas.

4 – A classe de Savana Arborizada Gramíneo Lenhosa apresentou bons índices de acurácia, porém com erros de omissão medianos com a classe pastagem, assim como a Savana Florestada com pixels agrupados como floresta aluvial.

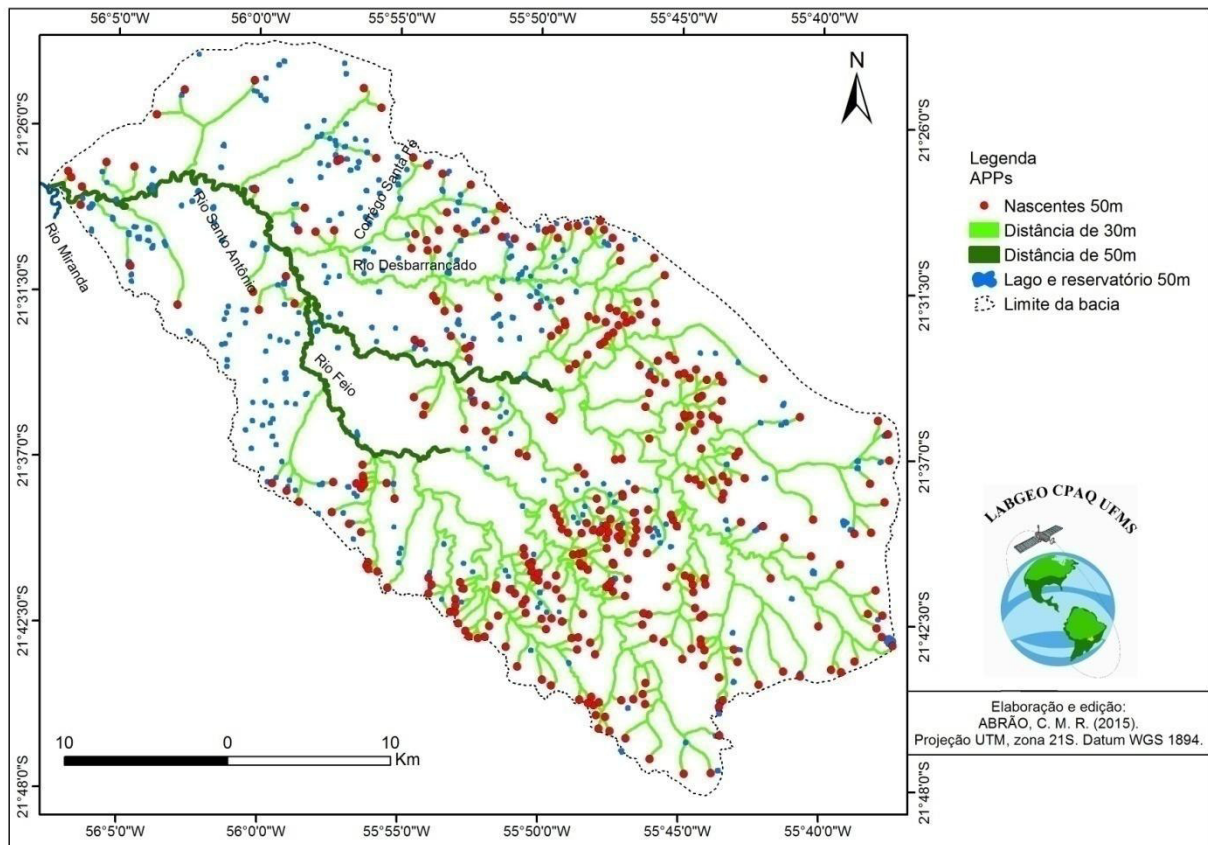
5 – A Vegetação Secundária manteve 0,80 de acurácia e 0,20% de erros de omissão nas classes de pastagem e Savana/Floresta Estacional Decidual Submontana.

Os procedimentos empregados na segmentação podem ter sido o motivo da causa da inclusão das Áreas Úmidas na pastagem e agricultura convencional, pois o classificador agrupou os pixels nessas classes, gerando altos índices de erros de inclusão. No caso da cobertura vegetal, o mapeamento teve como base o projeto GeoMS (Silva et al., 2011), sendo que as classes de menor representatividade foram omitidas pela pastagem ou outros tipos de cobertura vegetal.

4.10 Conflito legal entre Uso da Terra e APPs

Na BHRSA, foram mapeados três tipos de APPs, segundo a distância dos seguintes elementos da paisagem: nascentes, margens dos canais fluviais e dos reservatórios naturais e artificiais (Figura 25). As APPs em topos de morros não foram encontradas, pois a bacia apresentou índices de declividade do relevo inferiores a 45° , bem como inclinações maiores que 25° a partir da curva de nível correspondente a $2/3$ (dois terços) da altura mínima da elevação em relação ao curso hídrico.

Figura 25 - Espacialização das APPs na BHRSA.



As APPs de nascentes ocupam apenas 4,2 % da área, as de 30 m predominam com 67,39% e as APPs com 50 m ocupam 12,50% da área (Tabela 12). Já as APPs dos reservatórios naturais ou artificiais, que abrangem 15,91% da área, são formadas próximo de açudes que são utilizados para dessedentação dos animais.

Tabela 12 - Quantificação das APPs na BHRSA.

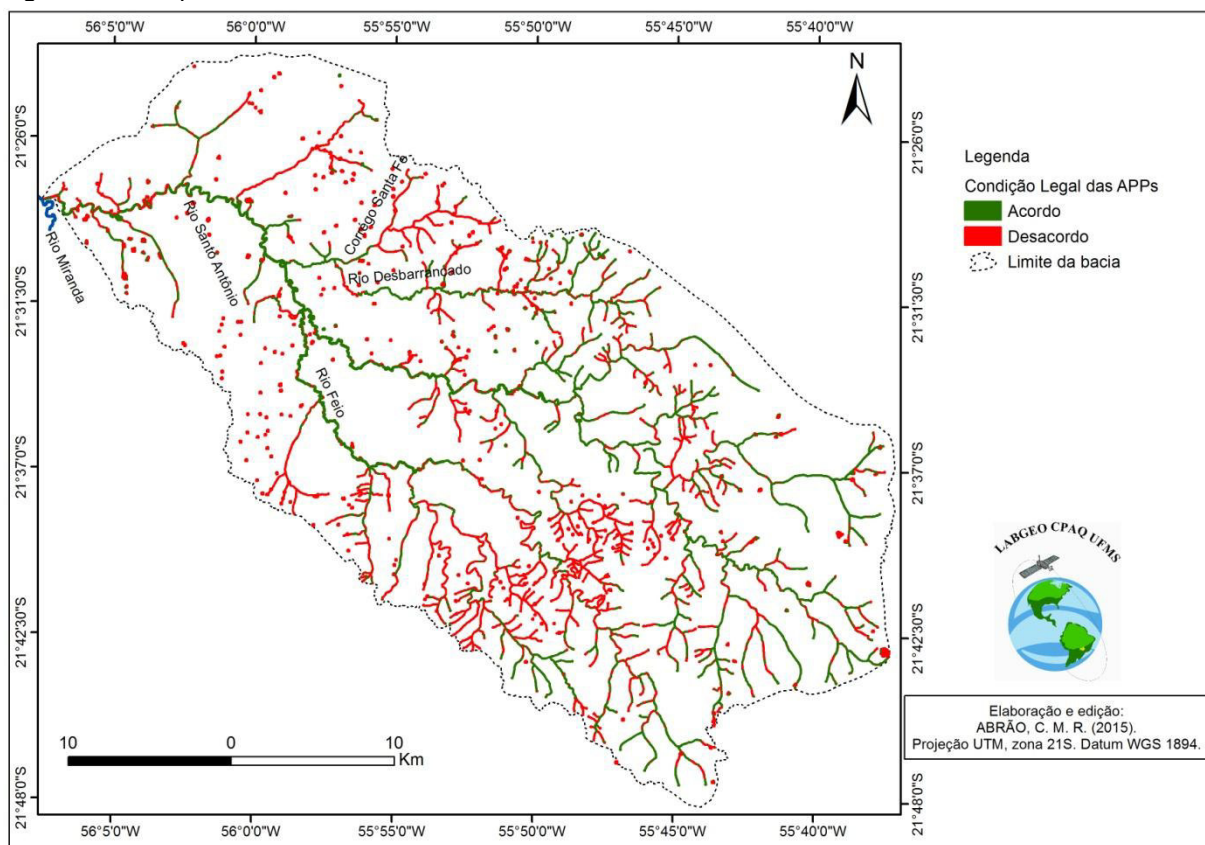
APP's	Área (Km ²)	Porcentagem (%)
Nascentes	2,74	4,2
Margem dos cursos d'água com até 10 m de largura	45,01	67,39
Margem dos cursos d'água com até 50 m de largura	8,09	12,50
Reservatórios naturais e artificiais	10,4	15,91
Total	65,12	100

A partir da identificação e espacialização das APPs em toda bacia, foi realizada a sobreposição com mapa de uso da terra e cobertura vegetal para o ano de 2014. As áreas com maiores números de conflitos estão situadas no médio e alto curso da bacia, onde há níveis de fragilidade ambiental média, forte e muito forte, próximo aos principais afluentes do rio Santo Antônio, cuja largura do leito é inferior

a 10 m, e nos reservatórios naturais ou artificiais (Figura 26). O canal principal do rio Santo Antônio, entretanto, apresentou boa parte da sua vegetação ciliar em conservação, estando apenas áreas do baixo curso em conflito com o uso da terra, cuja fragilidade ambiental foi considerada média e forte.

Os canais com largura inferior a 10 m deveriam estar preservados com uma faixa de vegetação de, no mínimo, 30 m, pois esses representam a maior parte da rede de drenagem na bacia. Segundo Lewinsohn et al. (2010), os pequenos córregos ou riachos são os principais fornecedores de água aos grandes rios e compreendem à maior parte da rede hidrográfica. No caso dos reservatórios de água, esses deveriam estar circundados por algum tipo de vegetação ciliar para proteger a água contra a contaminação de efluentes químicos que podem atingir o lençol freático (MENDONÇA; MARQUES, 2011).

Figura 26 – Mapa das áreas de conflito entre APPs e uso da terra.



Conforme já foi apresentado e discutido, a pastagem é a classe de uso da terra que predomina na área da bacia, com 52,1%, sendo que, desse total, 23,21% estão presentes em áreas de APPs (Tabela 13). Já a agricultura convencional ocupa 5,51 e agricultura conservacionista 1,14, totalizando 6,65% em situação de conflito

com as APPs. A cobertura vegetal somou 47,37%, nas áreas de APPs, ou seja, menos da metade das zonas ripárias, o que caracteriza o descumprimento da legislação florestal.

Tabela 13 – Quantificação das classes em conflito com APPs.

Classes de uso da terra e cobertura vegetal	Área em conflito (Km²)	Porcentagem (%)
Pastagem	23,21	35,64
Agricultura convencional	3,59	5,51
Agricultura conservacionista	0,7	1,14
Área Urbana	0,01	0,01
Silvicultura	0,07	0,1
Corpos d'água	1,09	1,67
Área úmida	5,58	8,56
Total de uso e cobertura da terra	34,25	52,63
Floresta Aluvial	19,74	30,31
Savana/Floresta Estacional Decidual Submontana	9,05	13,89
Savana Com Floresta de Galeria	1,54	2,36
Savana Sem Floresta de Galeria	0,23	0,35
Savana Arborizada	0,19	0,29
Savana Florestada	0,11	0,16
Total da cobertura vegetal	30,87	47,37
Total	65,12	100

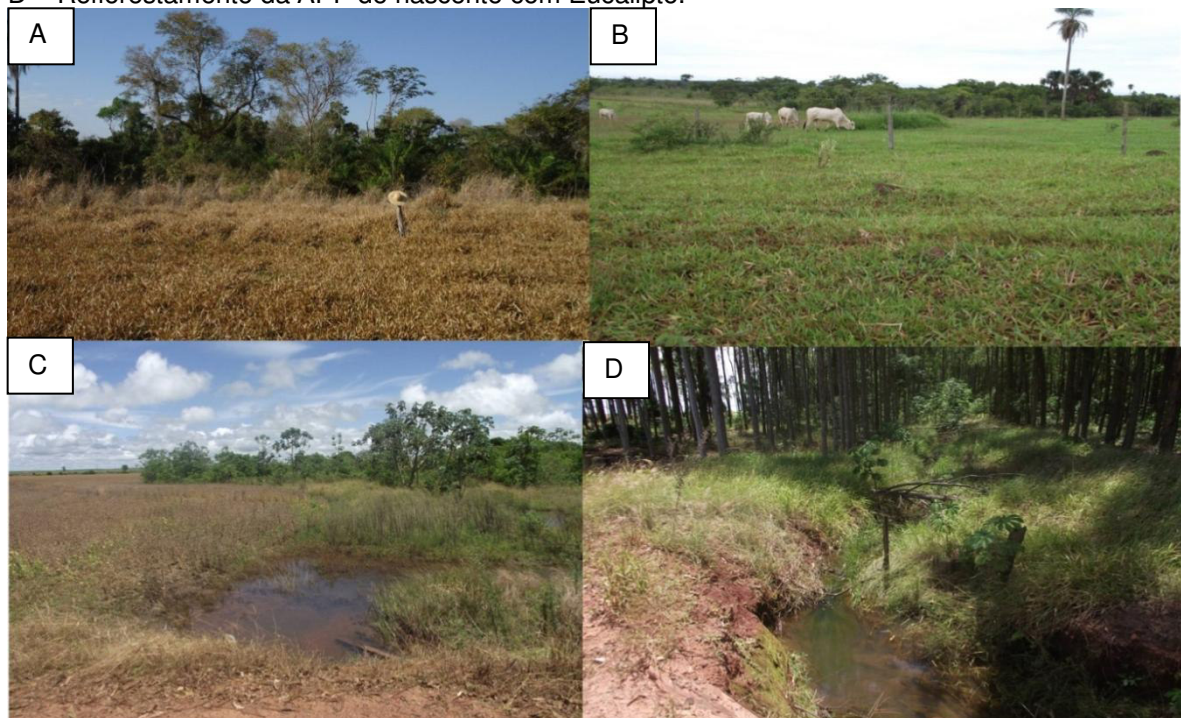
Nesse cenário, mais da metade das APPs da BHRSA encontra-se em situação de conflito entre o uso da terra e a legislação florestal e situada em áreas de média e forte fragilidade ambiental. Muitas dessas atividades causam a supressão da vegetação nativa para seu desenvolvimento, segundo Pinto e Rossete (2012), pois ocorre a substituição da vegetação para implantação de pastagem (*Bhachiaria*) que serve como fonte de alimento para criação de bovinos. Além disso, essa espécie de gramínea implantada em áreas de pastagem torna-se competitiva por espaço e nutrientes das demais espécies nativas, em áreas de recuperação, dificultando a recomposição da vegetação (Figura 27a). Nesse sentido, Martins (2007) cita a perda de resiliência do ambiente, ou seja, a capacidade de se recuperar e, portanto, de necessitar de intervenções técnicas de controle das gramíneas invasoras.

Em áreas de nascentes, algumas estão circundadas por pastagem cultivada e com a presença de gado, caracterizando ocupação irregular, pois essas áreas deveriam estar isoladas das demais áreas da propriedade rural (Figura 27b). A agricultura, convencional ou conservacionista, também está presente em APP, em alguns casos, muito próxima aos cursos d'água, que por sua vez não contém

vegetação ciliar (Figura 27c). Vale ressaltar a tentativa de recuperação de áreas de APP em nascentes por meio da silvicultura (Figura 27d), com plantio de eucalipto em torno da nascente. Legalmente isso é possível, embora diversos autores ressaltem a importância da recuperação dessas áreas com espécies arbóreas nativas, pois essas estão adaptadas às condições físicas e biológicas de cada ambiente natural (MARTINS, 2007; REBESCHINI, 2010; RODRIGUES; GANDOLFI, 2009).

A preservação e manutenção de APPs em nascentes são essenciais, pois, segundo Mendonça e Marques (2011), essas áreas são responsáveis pela recarga de água dos mananciais e devem ser protegidas por vegetação nativa contra ameaças, como desmatamento, assoreamento ou poluição causada por efluentes químicos que podem prejudicar na qualidade da água usada para o consumo humano. No trabalho de Cardoso e Aquino (2013), a agricultura também apresentou alto índice de conflito com APP, sendo associada ao uso da água para irrigar plantações.

Figura 27 – Classes de uso da terra em áreas de APPs. A – Pastagem exótica (*Brachiaria*) B – Presença de animais próximos a nascente. C – Plantação de soja próxima ao pequeno curso d'água. D – Reflorestamento da APP de nascente com Eucalipto.



Fonte: ABRÃO, C. M. R. (2015). Trabalho de Campo.

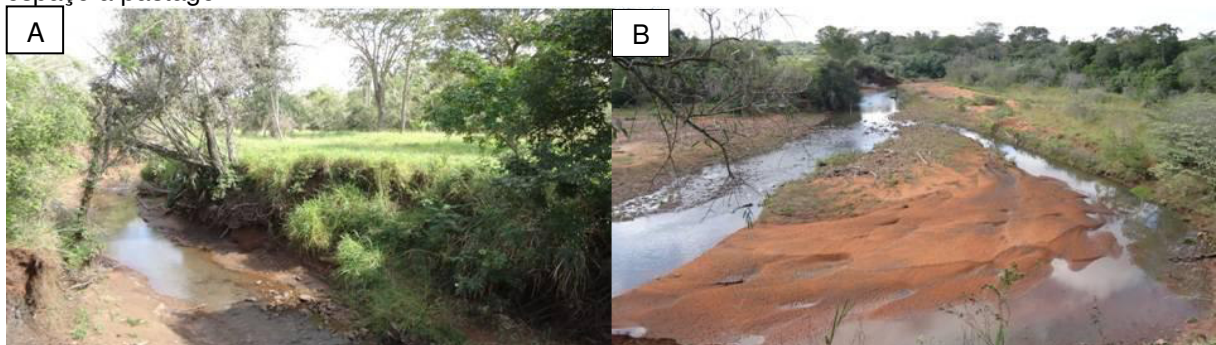
Isso significa que a vegetação nativa foi suprimida, não respeitando o que determina a legislação e ocupada por pastagem que não oferece a mesma proteção. Resultado semelhante foi encontrado em Pinto e Rossete (2012), estudo no qual a

pastagem predominou no mapeamento de conflito. Um dos problemas elencados pelos autores supracitados que ocorre devido a essa situação recorrente é a compactação do solo causado pelo pisoteio contínuo do gado, o que dificulta a infiltração da água no solo e favorece o escoamento superficial e a regeneração natural dessas áreas.

No caso da BHRSA, há uma preocupação maior, pois, segundo dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2015), o rio Santo Antônio é responsável por 100% do abastecimento público de água para cidade de Guia Lopes da Laguna. Por isso, torna-se relevante a preservação da vegetação ciliar das nascentes e dos demais canais. O caso da APP ao longo das margens, principalmente dos rios com leito inferior a 10 m de largura, encontra-se em situação irregular e com fragilidade ambiental média ou forte.

Muitos desses pequenos rios estão em áreas circundadas por pastagem, que não oferecem a mesma proteção contra erosão e assoreamento dos rios, como vegetação arbórea (Figura 28). Segundo Campos et al. (2013), a substituição da vegetação pela pastagem agride o solo, ao diminuir a sua proteção, e o sujeita a sofrer com a remoção das partículas e lixiviamento. Muitas dessas partículas são carregadas em direção aos canais, que acabam assoreados.

Figura 28 - Afluentes do rio Santo Antônio assoreados. A – Córrego Santa Fé. B – Rio Desbarrancado assoreado. Ambos os canais possuem leito inferior a 10 m de largura e são afluentes pela margem direita do rio Santo Antônio. É possível notar a que a APP arbórea foi suprimida dando espaço à pastagem.



Fonte: ABRÃO, C. M. R. (2015). Trabalho de Campo.

Por isso, essas áreas da bacia estão mais propícias a sofrerem impactos devido à descaracterização da vegetação nativa, que desempenha proteção aos cursos d'água contra impactos. Nesse contexto, a situação deve ser adequada à legislação ambiental.

5 PROPOSTAS DE ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA BHRSA

Diante da situação em que se encontra a BHRSA, é apresentada uma proposta de zoneamento ambiental preliminar, com algumas recomendações de uso e medidas conservacionistas, com critérios definidos de acordo com características naturais, de nível de fragilidade potencial a sofrer erosão, e ambientais, quanto ao tipo de uso da terra.

Quadro 3 - Propostas de zoneamento ambiental para BHRSA.

Zona	Crítérios	Recomendações
Zona de restrições legais/ área com vegetação nativa	APP; Reserva legal; Remanescentes florestais	Preservação e conservação
Zona de recuperação	APP em conflito com uso da terra; Áreas com processos erosivos (ravinas e voçorocas)	Recuperação por meio de reflorestamento e uso sustentável
Zona de baixa restrição ao uso	Áreas com declividade 0 a 15%; Com presença de Latossolos; potencial a erosão e fragilidade ambiental baixa	Uso agrícola e adoção de práticas conservacionistas e manejo de pastagens.
Zona de média restrição ao uso da terra	Áreas com declividade 15 a 30%; potencial a erosão e fragilidade ambiental média	Uso por pastagens com adoção de práticas conservacionistas (curva de nível) com baixo pisoteio.
Zona de alta restrição ao uso da terra	Áreas com declividade > 30% Neossolos Litólicos e Quartzarênico; Plintossolo; potencial a erosão e Fragilidade ambiental forte ou muito forte	Manutenção da cobertura vegetal nativa ou reflorestamento com espécies nativas de uso sustentável.
Zona Urbana	Cidade de Guia Lopes da Laguna	Expansão urbana em sentido norte

A zona com restrições legais e vegetação nativa compreende áreas naturais, ainda com presença da cobertura vegetal. Nessa categoria, encontram-se as APPs e Reserva Legal (RL), já amparada pelo código florestal (BRASIL, 2012). Nesse sentido, essas áreas devem manter-se preservadas, porém, no caso da RL, pode

ser explorada de modo sustentável, desde que não cause impactos nos recursos naturais (solos, água, fauna).

Os remanescentes de vegetação nativa foram incluídos nessa categoria, pois a área apresenta forte antropização, tendo pequenas áreas de vegetação típica dos biomas Cerrado e Mata Atlântica, cujas áreas foram suprimidas pelo avanço da agropecuária nos últimos anos. Do ponto de vista biológico, essas áreas de vegetação nativa desempenham um importante papel para a fauna, pois formam corredores ecológicos ao permitirem a circulação dos animais em grandes áreas e devem estar conectadas entre si (MARTINS, 2007).

Sendo assim, as zonas de recuperação têm por objetivo o restabelecimento desses corredores ecológicos, principalmente entre as APPs e vegetação nativa, e a mitigação de áreas em que há presença de processos erosivos. Mais da metade das APPs da BHRSA encontra-se em conflito com algum tipo de uso da terra, principalmente nos pequenos rios (com leito de até 10m de largura) localizados no médio curso, onde há grandes remanescentes de vegetação nativa (Savana/Floresta Estacional Decidual Submontana).

As áreas com processos erosivos encontram-se em áreas de média fragilidade ambiental e com uso de pastagem sem emprego de práticas conservacionistas e com superlotação de animais por hectares (ha) e forte pisoteio, próximo aos canais fluviais e áreas íngremes. Para recuperação desses locais, propõe-se o seu isolamento das demais áreas e, no caso das APPs, a recuperação de acordo com o Código Florestal (BRASIL, 2012), com plantio de espécie arbórea nativa.

No caso das áreas com erosão, além do seu isolamento, é necessária a adoção de práticas de controle e manejo, como curva de nível, pois assim há o desvio ou contenção da água. Dependendo da dimensão da erosão, pode se tampar com solo e plantar árvores de crescimento rápido (pioneiras) ou gramíneas, para prevenir a remoção do solo, devendo-se, sobretudo, observar a lotação de animais por ha (CAPECHE et al., 2008).

As zonas de baixa restrição ao uso da terra são aquelas destinadas para exploração agrícola e pastagem, compreendendo áreas com baixa declividade e solos bem desenvolvidos, com fragilidade ambiental muito baixa e baixa. A bacia apresenta extensas áreas com essas características, porém, conforme Bacani e Luchiari (2014), não as desobrigam de serem utilizadas sem práticas

conservacionistas. Nesse sentido, áreas com uso da agricultura convencional sem adoção de práticas de manejo e controle de erosão devem ser revistas, pois essas apresentam riscos à perda de solos, podendo aumentar o grau de fragilidade ambiental para forte e muito forte. Segundo Gonçalves et al. (2011), atividades agrícolas desenvolvidas com tecnologias modernas tendem a amenizar os impactos e permitem o uso sustentável dos recursos naturais.

A zona de média restrição ao uso da terra é ocupada por pastagem situada em áreas com declividade média a alta (15 a 30%) e solos frágeis. Nessas áreas, predomina a fragilidade ambiental média, associada à pastagem que, por sua vez, oferece proteção ao solo quando manejada adequadamente. Entretanto, essas áreas devem ser monitoradas continuamente, pois existem alguns pontos com erosão causada pelo pisoteio do gado e a maior parte das APPs em conflitos com uso da terra encontra-se nessas áreas, fato que pode elevar o grau de fragilidade ambiental futuramente.

A zona de alta restrição ao uso da terra foi enquadrada nas áreas com declividades superiores a 30% e com solos muito frágeis, compreendendo áreas sensíveis à ocupação antrópica. Nesses locais, predomina a fragilidade ambiental forte e muito forte, com declividade acentuada e ocupada por pastagem e pequenas áreas com agricultura convencional. O difícil acesso à mecanização agrícola e os solos de baixa produtividade tornam-se condicionantes à alta restrição do uso antrópico. Sendo assim, recomenda-se a manutenção das áreas com vegetação nativa (topo de morros) e recomposição da cobertura vegetal nativa nas áreas em que não estão mais presentes interligadas com outros fragmentos de vegetação (APPs RLs).

Na zona urbana, está inserida parcialmente a cidade de Guia Lopes da Laguna, em áreas de baixa declividade e com presença de Latossolos, tornando-a, assim, uma área propícia à ocupação. Porém existem ocupações irregulares na APP da margem direita do rio Santo Antônio, que estão sujeitas a sofrer com inundações e desastres ambientais, bem como a oferecer riscos às pessoas que ali moram. Recomenda-se a remoção dessas pessoas para áreas seguras, livre de risco de inundações, e a criação de programas que incentivem novas ocupações de maneira ordenada e planejada, no sentido norte da cidade, cujas características físicas apresentam boas condições à ocupação antrópica.

Nesse contexto, problemas com erosão e conflitos entre APPs e uso da terra precisam ser sanados em caráter de urgência, com medidas corretivas para que o nível de fragilidade ambiental não aumente nessas áreas. Essas propostas de zoneamento ambiental preliminar visam à indicação de possíveis áreas, critérios e recomendações como subsídios ao ordenamento físico territorial da BHRSA. A iniciativa de se propor um zoneamento ambiental é que ele sirva como instrumento técnico de informação sobre o território, em uma base de informações geográficas, (SIGs) para melhor planejar a gestão dos recursos naturais e ocupação do espaço geográfico (BECKER; EGLER, 1996).

No entanto, essas medidas devem ser levadas à sociedade local, com reuniões e discussões, visto que esse manancial apresenta grande importância como fonte de abastecimento de água. Nessa perspectiva, segundo Tudinsi (2009), a gestão de recursos hídricos com vista ao abastecimento público deve ser realizada com a participação da comunidade local, bem como de órgãos governamentais de pesquisa e universidade para a produção científica.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A BHRSA vem passando por grandes transformações no uso de suas áreas, principalmente por atividades ligadas ao setor agropecuário. Nesse contexto, mais da metade da sua cobertura vegetal encontra-se descaracterizada, inclusive as APPs, que deveriam estar preservadas próximas às margens dos canais. Esta situação tende a se agravar, pois as classes de agricultura convencional e pastagem continuam a crescer e ocupar novos espaços, em direção aos topos de morros.

A aplicação do modelo teórico metodológico da fragilidade ambiental proposto por Ross (1994 e 2012) indicou um predomínio da classe de média fragilidade ambiental, o que significa que se deve ficar atento à maneira como seus recursos naturais estão sendo explorados, principalmente em áreas com declividade acentuada em solos frágeis. Essas áreas estão situadas no médio curso, utilizadas principalmente por pastagem e agricultura convencional, desenvolvidas muito próximas aos canais fluviais, onde boa parte das APPs foram suprimidas, o que caracteriza o descumprimento da legislação florestal.

Para tentar reverter essa situação, foi proposto um zoneamento ambiental preliminar, com o objetivo de indicar locais que devem ser usados de maneira sustentável, de recuperação e preservação, levando em conta as características físico-naturais à restrição ao uso da terra como áreas de proteção legal. Foram feitas recomendações quanto à adoção de práticas conservacionistas e a necessidade da recuperação de áreas degradadas, pois, caso isso não ocorra, o nível de fragilidade ambiental tende a aumentar. Sendo assim, com o aumento da fragilidade poderá haver um comprometimento na qualidade ambiental dos recursos naturais e sua exaustão, com destaque para a água que abastece a população de Guia Lopes da Laguna.

Ressalta-se o uso das técnicas de geoprocessamento como ferramenta e dados de sensoriamento remoto que permitiram uma análise integrada dos elementos naturais, bem como as transformações na paisagem ao longo dos anos. Os produtos cartográficos elaborados permitiram diagnosticar a fragilidade ambiental e subsidiar o zoneamento ambiental preliminar, com vista ao ordenamento territorial da BHRSA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRÃO, C. M. R.; FERNANDES, E. F. L.; BACANI, V. M. SILVA, J. F. Geotechnologies applied to mapping of environmental fragility in the Desbarrancado river basin, MS. **Geografia**, Rio Claro. vol. 40, número especial. pp. 9-26, ago de 2015.
- ABRÃO, C. M. R. **Análise e caracterização da Área de Preservação Permanente do rio Santo Antônio na colônia Santo Antonio, Guia Lopes da Laguna**. 2013, 70f. Monografia (Graduação) Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Jardim, 2013.
- AB' SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê editorial, 2003. Pag. 115 – 135.
- Agência Nacional de Águas.< Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>>. Acesso em 10 de jun. de 2015.
- ALVAREGA, S. M.; BRASIL, A. E.; DEL´ARCO, D. M. Geomorfologia In: BRASIL: **ministério de minas e energia secretaria geral Projeto Radambrasil**. Folha SF 21 Campo Grande; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982. Pag. 125 – 184.
- ARAÚJO, H. J. de. et al. Geologia. In: BRASIL: **ministério de minas e energia secretária geral Projeto Radambrasil**. Folha SF 21 Campo Grande; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982. Pag. 23 – 124. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv14553.pdf>>. Acesso em: 10 ago. de 2013.
- BACANI, V. M. e LUCHIARI, A. Geoprocessamento aplicado ao zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do alto rio Coxim – MS. **GEOUSP** – Espaço e Tempo, São Paulo, vol. 18, nº. 1, 2014. p. 184 - 197.
- BACANI, V. M. **Geotecnologias aplicadas ao ordenamento físico-territorial da bacia do alto rio Coxim, MS**. 2010. 222 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo (FFLCH – USP), São Paulo, 2010.
- BATISTA, J. P. G.; SILVA, F. M. Avaliação da fragilidade ambiental na microbacia do riacho Cajazeiras no semiárido potiguar. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, v. 33, n. 1, p. 53 – 72, 2013.
- BECKER, B. K.; EGLER, C. A. **Detalhamento da metodologia para execução do Zoneamento Ecológico-Econômico pelos estados da Amazônia Legal**. Brasília: SAE-Secretaria de estudos Estratégicos/MMA-Ministério do Meio Ambiente, 1996.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Cadernos de Ciência da Terra**, São Paulo, n.º 13, 1972. Pag. 141 – 152.

BEURLEN, K.; SOMMER, F. W. Observações estatigráficas e paleontologias sobre o calcário Corumbá. **Boletim da divisão de geologia e mineralogia**. Rio de Janeiro, p. 1-35, 1957.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. Pag. 153 – 192.

BRASIL. Lei 9.433 de 08 de janeiro de 1997. **Lei que institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Promulgado em 08 de janeiro de 1997: Brasília, 1997. 12p.

BRASIL. Lei n.º 12.651 de 25 de maio de 2012. **Código florestal brasileiro**: promulgado em 25 de maio de 2012. Revoga a Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. Brasília, 2012. 34 p. Disponível em: <
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>.
Acessado em: 05 de out. de 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Áreas Prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira**: atualização – portaria MMA nº 09, de 23 de janeiro de 2007. Brasília, 2007.

CABRAL, J. B. P.; ROCHA, I. R. da.; MARTINS, A. P.; ASSUNÇÃO, H. F. da.; BECEGATO, V. A.. Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Doce (GO), utilizando técnicas de geoprocessamento. **GEOFOCUS**, nº. 11, jan., 2011. Pag. 51 – 69.

CÂMARA, G. DAVIS, C. Introdução In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. Pag. 1 – 6.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. C. P. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data model ing. **Computers&Graphics**, v. 20, p. 395 - 403, 1996.

CAMPOS, S.; SILVEIRA, G. R. P. da.; PISSARRA, T. C. T.; FELIPE, A. C. Diagnóstico do uso do solo em APP na microbacia do córrego Santo Antonio – São Manuel (SP) em fins da legislação ambiental. **Geoaraguaia**. Barra do Garças-MT. v. 3, n. 2, p. 198-2010. Agos. 2013.

CAPECHE, C. L.; MACEDO, J. R. de.; PRADO, R. B.; PIMENTA, T. S.; MELO, A. da S. Degradação do Solo e da Água: Impactos da Erosão e Estratégias de Controle. In: TAVARES, S. R. de L. **Curso de recuperação de áreas degradadas**: a visão da

ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2008. p. 105 – 133.

CARDOSO, J. A.; AQUINO, C. M. S. de. Mapeamento dos conflitos de uso das áreas de preservação permanente (APPs) da bacia do riacho do roncador, Timon (MA). **Boletim Goiano de Geografia (Online)**. v. 33, n. 3. P 477-482. Set/Dez. 2013

CHORLEY, R. J. The drainage basin as a fundamental geomorphic. In: **Water, Earth and man**, 1969. Pag. 77 – 99.

COMPANHIA DE PESQUISA EM RECURSOS MINERIAS (CPRM). **Mapa geológico do estado de Mato Grosso do Sul**. 1:1.000.000, 2006.

CONGALTON, R. G. A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. **Remote Sens. Environ.** Vol. 47, 35-46, 1991.

CORTE, A. P. D.; HENTZ, Â. M. K.; DOUBRAWA, B.; SANQUENTTA, C. R. Environmental fragility of Iguaçu river watershed, Paraná, Brazil. **BOSQUE**. vol. 36, n.º 2, pp. 287-297. 2015.

CREPANI, C. MEDEIROS, J. S.; PALMEIRA, A. F. SILVA, E. F. Zoneamento Ecológico Econômico. In: FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de textos, 2008. p. 286 - 318

CREPANI, E.; J. S. de MEDEIROS.; FILHO, P. H.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zonamento Ecológico Econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. 103p.

CRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Blucher, 1980.188p.

CUNHA, E. R. da. **Geoprocessamento aplicado à análise da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego Indaiá-MS**. 2012. 95 f. Monografia (Graduação). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Campus de Aquidauana II, (UFMS – CPAq), Aquidauana, 2012.

DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO (1973) Folha Vista Alegre SF. 21-X-C-VI. Escala: 1: 100.000.

DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO. (1973) Folha Jardim SF. 21-X-C-II. Escala: 1.100.000.

DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO. (1973) Folha Boqueirão SF. 21-X-C-V. Escala: 1:100.000.

DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO. (1979) Folha Nioaque SF. 21-X-C-III. Escala: 1:100.000.

EMBRAPA. **Monitoramento por satélite**. Disponível em: http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/missao_landsat.php acesso em: 15 de abr. de 2014.

EARTH EXPLORER. **USCG Science for a changing world**. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 14 de abr. de 2014.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Embrapa, 3ª ed. 2013.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Embrapa, 2ª ed. 2006, 376p.

ESRI. **Environmental Systems Research Institute**. ArcGis10.2 Copyright ESRI Inc. 2013.

FERRAZ, R. P. D.; DONEGEMMA, G. K. ROSSI, C. Q.; POLIDORO, J. C. Fundamentos de morfologia, pedologia, física e química do solo de interesse no processo de recuperação de área degradada. In: TAVARES, S. R. de L. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2008. p. 9 – 65.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de textos, 2008. 160p.

FLORENZANO, T. G.. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3ª ed. São Paulo: Oficina de textos, 2011. 128p.

FLORENZANO, T. G. Sensoriamento remoto para geomorfologia In: FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de textos, 2008. Pag. 36 – 72.

FLORENZANO, T.G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de textos, 2002.

GONÇALVES, G. G. G.; DANIEL, O.; COMUNELLO, É.; VITORINO, A, C. T.; ARAI, F. K. Determinação da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas. **FLORESTAS**, vol. 41, nº. 4, out./dez., 2011. Pag. 797 – 808.

GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B da. (Org.) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 11ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. Pag. 149 - 209.

IBGE. **Manual Técnico de uso da terra**. 3 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171p.

IBGE. **Mapeamento das unidades territoriais**. 2008.

IBGE. **Censo agropecuário**: resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. 146p.

IANHEZ, A. C.; PITTHAN, J.H.L.; SIMÕES, M. A.; DEL'ARCO, J. O.; TRINDADE, C. A. H.; LUZ, D. S.; FERNANDES, C. A. C.; TASSINARI, C. C. G.; SOUSA JR., J. J.; FREIRE, F. A.; OLIVEIRA, F. C.; SILVA, R. H.; BONOW, C. W.; MOREIRA, H. L.. Geologia. In: DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (Brasil). **Projeto Radam Brasil**: folha SE.22 - Goiânia. Rio de Janeiro: DNPM, 1983. 164p.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução: José Carlos Neves Ephiphanyo et al. São José dos Campos: Parênteses, 2009. 599p.

KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; CAMPOS, K. C.; LUCHIARI, A. ; ROSS, J. L. S. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: Simpósio De Sensoriamento Remoto, 12 **Anais...** Goiânia, 2005. Pag. 2205 – 2210.

LACERDA FILHO, J. V. de. **Geologia e recursos minerais do estado de Mato Grosso do Sul**. Goiânia: CPRM, 2004. 121p.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n.1, p. 159-174, 1977.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. Tradução: Hermann Kux. São Paulo: Oficina de textos, 2009, 424p.

LEPSCH, I.F. **Formação e Conservação dos Solos**. - 2ª ed. – São Paulo: Oficina de Texto, 2010.

LEWINSOHN, T. M.; METZER, J. P.; JOLY, C. A.; CASATTI, L.; RODRIGUES, R. R.; MARTINELLI, L. A. **Impactos potenciais das alterações proposta para o código florestal brasileiro na biodiversidade e nos serviços ecossistêmicos**. Programa BIOTA/FAPESP. São Paulo, 2010. 12 p.

LIMA, W. de L. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: USP, 2008. 253p.

LOBÃO, J. S. B.; FRANÇA-ROCHA, W. de J. da.; SILVA, A. de B. Aplicação dos Índices KAPPA & PABAK na validação da classificação automática de imagem de satélite em Feira de Santana – BA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12 **Anais...**, Goiânia, 2005. Pag. 1207 – 1214.

MANFRÉ, L.A.; SILVA, A.M.; URBAN, R. C.; RODGERS, J. Environmental Fragility evaluation and guidelines for environmental zoning: a study case on Ibiuna (the Southeastern Brazilian region). **Environ Earth Sci**. v. 69. p. 947-957., 2013

MARTINS, S. V. **Recuperação de Matas ciliares**. 2ª ed. Viçosa, MG: CPT, 2007. 255 p.

MATO GROSSO DO SUL. **Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do rio Miranda**: subsídio a elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Miranda. Campo Grande, 2013. 324p. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/prhbhmiranda/>> acessado em: 12 de dez. de 2013.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Planejamento, da Ciência e Tecnologia. – **Caderno geoambiental**: região Sudoeste. 2011.p. 241-283.

MATO GROSSO DO SUL. Lei nº 7.598 de 7 de novembro de 2009. **Lei que cria o Plano Estadual dos Recursos Hídricos**: promulgado em 7 de novembro de 2009, Campo Grande: UEMS, 2010. 194 p. Disponível em: <<http://www.servicos.ms.gov.br/imasuldownloads/PERH-MS.pdf>>. Acesso em 15 de mar. de 2013.

MATO GROSSO DO SUL. Lei nº 2.406 de 29 de janeiro de 2002. **Lei que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e cria o Sistema Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos**: promulgada em 29 de janeiro de 2002. Campo Grande, 2002.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral. **Macrozoneamento geoambiental do Estado de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande: SEPLAN, 1989. 242 p.

MENDONÇA, F.; MARQUES, G. S. Degradação ambiental e qualidade da água em bacia hidrográfica de abastecimento público: rio Timbú – PR. **Entre Lugar**. v.2, n. 3, p. 111-136, 2011.

MENDONÇA, F. **Geografia física**: ciência humana? São Paulo: Contexto, 1989. 72p.

MEDEIROS, J. S. de.; CÂMARA, G. Geoprocessamento para projetos ambientais. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. Pag. 1 – 6.

MIGUEL, A. E. S.; MEDEIROS R. B.; OLIVEIRA, W de. Diagnóstico da vulnerabilidade ambiental da bacia do rio Taquaruçu/MS. In: **IX Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 2, 2013, p. 17-33.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3ª ed 1ª reimp. Ed. da UFV, 2007. 320p.

NASCIMENTO, W. M. do.; VILLAÇA, M. G. Bacias hidrográficas: planejamento e gerenciamento. **Rev. eletrônica da AGB – seção Três Lagoas MS**. nº. 7, maio., ano 5, 2008. Pag. 102 – 121.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto**: princípios e aplicações. 4ª ed. São Paulo: Blucher, 2010. 387p.

OLIVEIRA, R. G.; BACANI, V.; SILVA, V. R.; CUNHA, E. R.; FERREIRA, E. M. Análise da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego São João-MS utilizando geoprocessamento. **Revista Brasileira de Cartografia**. v.1, n. 64, p. 15-24, 2012.

PELUZIO, T. M. de.O.; SANTOS, A. R. dos.; FIEDLER, N. C. **Mapeamento de áreas de preservação permanente no ArcGIS 9.3**. CAUFES, 2010. 58p.

PEREIRA, M. C. B.; MENDES, C. A. B.; DIAS, F. A.; LANGE, M. B. R. BECKER, M.; BARRETO, S. R.; GREHS, S. A. **Bacia hidrográfica do rio Miranda**: estado da arte. Campo Grande: UCDB, 2004. 177p.

PINTO, C. E. T.; ROSSETE, A. N. Mapeamento dos conflitos no uso da terra em Áreas de Preservação Permanente na microbacia hidrográfica do córrego Capitão Décio, Nova Xavantina – MT. **Ciência e Natureza**. v. 34, n. 2. p. 139-155, 2012.

PIRES, L. C.; SILVA, L. F.; MENDONÇA, B. G.; BACANI, V. M. Análise da fragilidade ambiental do município de Aquidauana-MS. **Caderno de Geografia**, v.25, n.43.p. 52 – 65, 2015.

REBESCHINI, A. A. Projeto de recuperação e conservação ambiental através do desenvolvimento agroflorestal em comunidades e assentamentos no vale do ribeira e pontal do Paranapanema estado de São Paulo. **Revista PROTER**. Registro, SP. nº 2, 64 p. mar. 2010.

RODRIGUES, C.; ADAMI, S. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. In: VENTURI, L. A. B. **Praticando a geografia**: técnicas de pesquisa de campo e laboratório em geografia e análise ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. Pag. 147 – 160.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO - FILHO, H. de F.(Org.). **Matas ciliares**: conservação e recuperação. 2ª ed, 2ª reimpressão. São Paulo: Fapesp, 2009. Pag. 235 – 247.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da. A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. **Mercator**. Revista de Geografia da UFC, ano 1, n. 1., 2002. Pag. 95 – 112.

ROSS, J. L. S. Land forms and environmental planning: potentialities and fragilities **.Revista do depto. de geografia - FFLCH – USP**, 2012. Pag. 38 – 51.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil**: subsídios para planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de texto, 2009. 208p.

ROSS, J. L. S.; DEL PRETTE, M. E. Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental. **Revista do depto de geografia – FFLCH – USP**: Humanitas, 1998. Pag. 88 – 121.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade ambiental dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do depto de geografia.FFLCH/USP**. 1994. 13p.

SANTOS, G. E. de O. **Cálculo amostral**: calculadora on-line. Disponível em: <<http://www.calculoamostral.vai.la>>. Acesso em: 13/06/2014

SANTOS, A. R. dos.; PELUZIO, T. M. de O.; SAITO, N. S. **SPRING 5.1.2**: passo a passo: aplicações práticas. Alegre, Espírito Santo: Caufes, 2010. 153p.

SANTOS, E. T.; ARRUDA, A. A. J. de.; ASSUNÇÃO, R. B. de. **Manual para elaboração de trabalho de conclusão de curso (TCC) e dissertações**. Aquidauana, MS: [s.n.], 2015. 40p.

SILVA, J. S. V.; POTT, A.; ABDON, M. M. POTT, V. J.; SANTOS, K, R. **Projeto GeoMS**: Cobertura vegetal e uso da terra do Estado de Mato Grosso do Sul. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2011. 64p.

SOTCHAVA, U. B. Por uma teoria da classificação de geossistemas de vida terrestre. **Biogeografia**. São Paulo, n. 14, 1978.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Recursos hídricos no século XXI**. São Paulo: oficina de textos, 2011. 328p.

TRICART, J.; KIEWIETDEJONGE, C. **Ecogeography and rural managment**.Essay. (UK): LongmanScientificTechnical, 1992.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 91p.

VALERIANO, M. M. **TOPODATA**: guia de utilização de dados geomorfométricos locais. São Jose dos Campos: INPE, 2008. 44p.

ZAVATTINI, J. A. **As chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul**: estudo geográfico com vista à regionalização climática. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 212p.

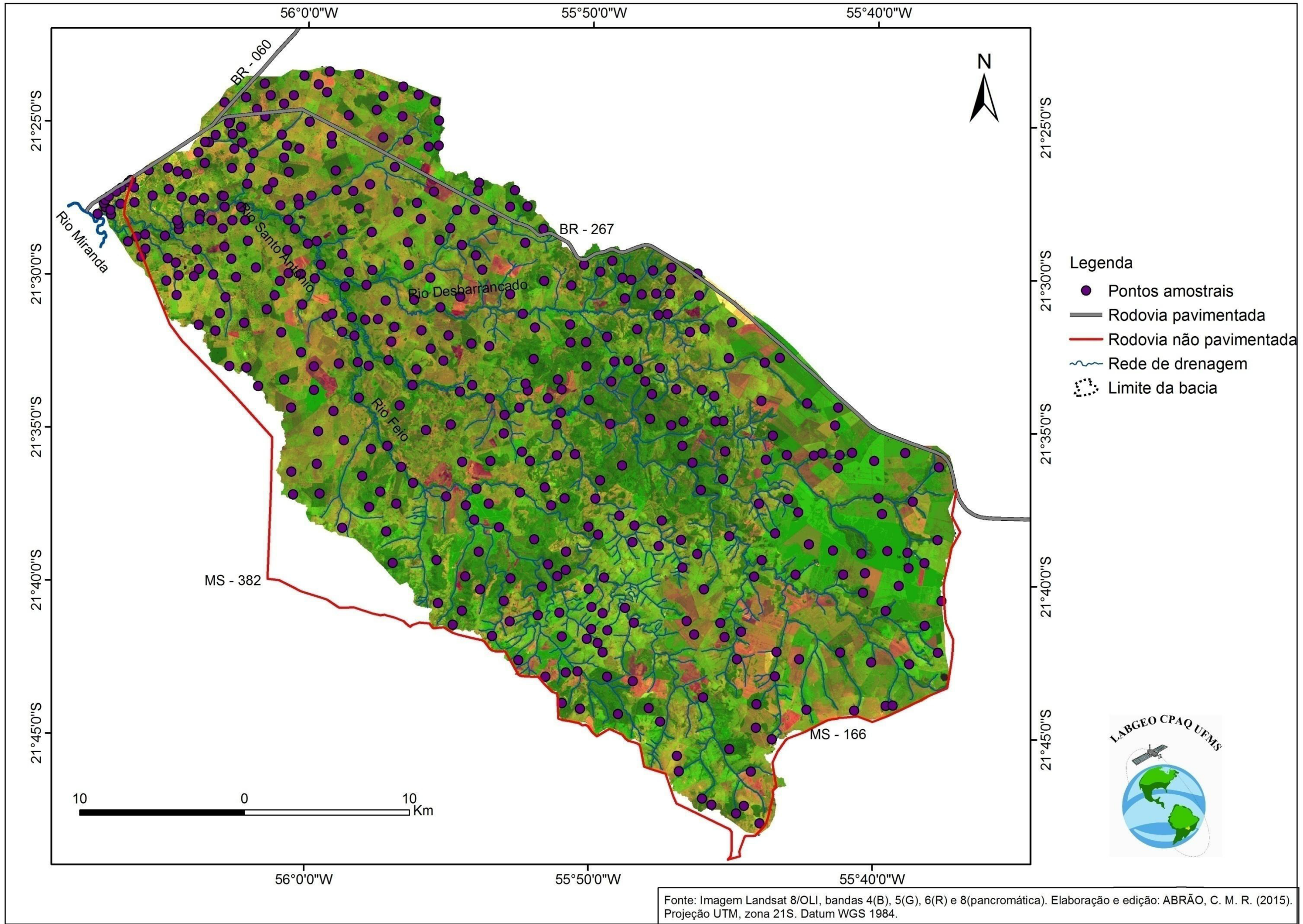
<<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em 16 de Mar. de 2015

<<http://www.cpa0.embrapa.br/clima/clima.cpa0/index.php?pg=chuvams>> Acesso em 20 de Jun. de 2014.

<<http://glcf.umd.edu/> >Acesso em 02 de jun. de 2014

<http://sisla.imasul.ms.gov.br/sisla/pagina_inicial> Acesso em 05 de jun. de 2014

ANEXOS



Fonte: Imagem Landsat 8/OLI, bandas 4(B), 5(G), 6(R) e 8(pancromática). Elaboração e edição: ABRÃO, C. M. R. (2015).
 Projeção UTM, zona 21S. Datum WGS 1984.

