



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

MARCELO DIVINO RIBEIRO PEREIRA

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO À ANÁLISE DA FRAGILIDADE
AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO
TAQUARUÇU GRANDE, PALMAS - TOCANTINS**

PORTO NACIONAL

2019

MARCELO DIVINO RIBEIRO PEREIRA

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO À ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO TAQUARUÇU GRANDE, PALMAS -
TOCANTINS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus de Porto Nacional, Como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Linha de pesquisa: Análise e Gestão Geoambiental

Orientador: Dr. Sandro Sidnei Vargas de Cristo

PORTO NACIONAL

2019

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

P436g Pereira, Marcelo Divino Ribeiro.
 GEOPROCESSAMENTO APLICADO À ANÁLISE DA
 FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
 RIBEIRÃO TAQUARUÇU GRANDE, PALMAS - TOCANTINS. /
 Marcelo Divino Ribeiro Pereira. – Porto Nacional, TO, 2019.
 85 f.

 Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do
 Tocantins – Câmpus Universitário de Porto Nacional - Curso de Pós-
 Graduação (Mestrado) em Geografia, 2019.
 Orientador: Sandro Sidnei Vargas de Cristo

 1. Geoprocessamento. 2. Abordagem Integrada. 3. Bacia
 Hidrográfica. 4. Fragilidade Ambiental. I. Título

CDD 910

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizada desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

MARCELO DIVINO RIBEIRO PEREIRA

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ANÁLISE DA
FRAGILIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO
TAQUARUÇU GRANDE, PALMAS – TOCANTINS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Porto Nacional. Foi avaliada para obtenção do título de Mestre em Geografia e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 28/03/2019

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Sandro Sidnei Vargas de Cristo (Orientador), UFT



Prof. Dr. Rodolfo Alves da Luz, UFT



Prof. Dr. Emerson Figueiredo Leite, UFMS

Porto Nacional – TO
2019

DEDICO

Aqueles (as) que lutam pela transformação da sociedade através de suas crenças, valores e objeções cognitivas.

Antes de se iniciar uma análise específica são indispensáveis algumas considerações. É preciso refletir sobre o conceito de natureza, fundamental ao direcionamento da ciência, que incorpora a teoria integral do espaço.

VALTER CASSETI

AGRADECIMENTOS

Como não poderia ser diferente, em primeiro lugar agradeço a Deus pela vida, saúde e a capacidade de sonhar e acreditar em meus sonhos e objetivos na busca constante pelo crescimento cognitivo.

Agradeço, também, a minha esposa Poliana Ramos dos Santos Pereira pela paciência e compreensão em cada momento dispendido a mim.

Agradeço a minha mãe, pai, irmãos, tios, sobrinhos.

Agradeço do fundo do meu coração também ao meu professor e orientador, Sandro Sidnei Vargas de Cristo, por ter mergulhado nessa empreitada comigo, orientando, sugerindo e abraçando esta causa.

Agradeço também ao professor Rodolfo Alves da Luz pelas valiosas sugestões e contribuições para o desenvolvimento da pesquisa desde a apresentação do pré-projeto.

Agradeço aos meus colegas do mestrado, aos professores e a secretária do programa de Pós-graduação em geografia Poliana, a todos o meu muito obrigado.

RESUMO

A presente pesquisa aborda os aspectos de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande, localizada na porção centro-sul do município de Palmas, capital do Estado do Tocantins. Na metodologia utilizou-se técnicas de Geoprocessamento na análise de dados do quadro físico e antrópico, tais como: declividade, solo, geologia e uso e ocupação da terra. Dados estes, considerados como variáveis importantes na definição da fragilidade ambiental da área de estudo. Para estes, foram atribuídos pesos e cruzados entre-si via o software ArcGis versão 10.5.1, gerando o mapa final. Como pressuposto teórico, baseou-se nos fundamentos da metodologia desenvolvida por Ross (1994) que diz respeito à análise integrada dos meios natural e humano. De maneira geral, os resultados alcançados demonstraram que 46% da área apresenta médio baixo risco, seguido de 13,90% de médio risco, 8,19% apresenta alto risco e 5,28% corresponde a risco muito alto. No mesmo sentido, observou-se que as variáveis empregadas foram preponderantes na determinação da fragilidade ambiental da área e que a metodologia adotada é um instrumento de apoio importante aos órgãos de planejamento e gestão ambiental do município permitindo maior compreensão da dinâmica natural da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande para tomada de decisões.

Palavras - Chave: Fragilidade Ambiental; Análise Integrada; Bacia Hidrográfica; Geoprocessamento.

ABSTRACT

The present study deals with the environmental fragility aspects of the Ribeirão Taquaruçu Grande watershed, located in the center-south portion of the municipality of Palmas, capital of the State of Tocantins. In the methodology, Geoprocessing techniques were used in the analysis of physical and anthropic data, such as: slope, soil, geology and land use and occupation. These data are considered as important variables in the definition of the environmental fragility of the study area. For these, weights and cross-references were assigned to each other via ArcGis software version 10.5.1, generating the final map. As a theoretical assumption, it was based on the foundations of the methodology developed by Ross (1994) that concerns the integrated analysis of natural and human resources. In general, the results showed that 46% of the area presents medium low risk, followed by 13.90% of medium risk, 8.19% presented high risk and 5.28% corresponded to very high risk. In the same sense, it was observed that the variables employed were preponderant in determining the environmental fragility of the area and that the adopted methodology is an important instrument of support to the planning and environmental management organs of the municipality, allowing a better understanding of the natural dynamics of the river basin. Ribeirão Taquaruçu Great for making decisions.

Key Words: Environmental Fragility, Integrated Analysis, watershed, Geoprocessing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Localização da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande.....	18
Figura 2 – Representação Geossistêmica	23
Figura 3 – Complexidade morfoodinâmica na bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande	28
Figura 4 – Assinatura de alvos de superfície	33
Figura 5 – Interface entre SIG, pessoa e dados	34
Figura 6 - Fluxograma metodológico.....	35
Figura 7. Representação do Percurso realizado durante os trabalhos de campo	38
Figura 8 - Síntese do Processamento Digital de Imagens	42
Figura 9 - síntese dos procedimentos metodológicos.....	44
Figura 10 - Geologia da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande	46
Figura 11 - intercalação entre camadas de rochas areníticas	47
Figura 12 – Pedologia da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande	50
Figura 13 – Perfil de Solo tipo Latossolo Vermelho-Amarelo	53
Figura 14 - Declividade da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande	57
Figura 15 - Uso e Ocupação da Terra da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande	59
Figura 16 – Representação das Fitofisionomias do Cerrado com destaque para o Cerrado Denso e Ralo	60
Figura 17 – Cobertura vegetal de Cerrado Ralo em área de colinas na porção baixa (A) e na porção alta, topo da Serra (B)	61
Figura 18 – Cobertura vegetal de Cerrado Denso em área de planície de inundação, na porção baixa (A) e na porção alta, colinas e topo da Serra (B)	61
Figura 19 – Pecuária com observação do gado bovino (A) em propriedades rurais com pastagens plantadas (B)	62
Figura 20 – Práticas agrícolas com pequenas roças de milho (A) e mandioca (B) observadas na área de pesquisa	63

Figura 21 – Visualização de canais fluviais presentes na área de pesquisa, no caso, o Ribeirão Taquaruçuzinho (A e B)	64
Figura 22 – Urbanização com observação das edificações presentes (A) e em expansão na área de pesquisa (B)	65
Figura 23 – Solo Exposto e afloramento rochoso na área de pesquisa (A e B)	65
Figura 24 - Área queimada recentemente (A) e (B) em estágio regeneração	66
Figura 25 – Solo exposto e degradação ambiental pela supressão da vegetação surgindo ravinas junto a estrada de terra (A) e em área de empréstimo (B)	66
Figura 26 – Represamento (A) e assoreamento (B) na área de pesquisa	70
Figura 27 - Fragilidade Ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande	71
Figura 28 – Pontos com fragilidade ambiental na área de pesquisa	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Categorias morfodinâmicas das Unidades da Paisagem	24
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Níveis hierárquicos de Fragilidade Ambiental	25
Tabela 2 – Geologia associada ao grau de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande	49
Tabela 3 – Pedologia associada ao grau de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande	51
Tabela 4 – Declividade associada ao grau de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande	58
Tabela 5 – Uso e ocupação da terra associada ao grau de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande	66
Tabela 6 – Fragilidade Ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande	72

LISTA DE SIGLAS

APA - Área de Preservação Ambiental

APP - Áreas de Preservação Permanente

BHRTG - Bacia Hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

EIAs - Estudos de Impactos Ambientais

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

GPS - Sistema de Posicionamento Global

LABGEP - Laboratório de Geoprocessamento

PDA - Projeto Produtor de Água

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos

RIMAs - Relatórios de Impactos Ambientais

SEPLAN - Secretaria de Planejamento e Orçamento do estado do Tocantins

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

SIG - Sistemas de Informação Geográfica

SR – Sensoriamento Remoto

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

UHE - Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães

USGS - Serviço Geológico dos Estados Unidos

UTBs - Unidades Territoriais Básicas

UFT – Universidade Federal do Tocantins

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Localização	18
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1 - Abordagem Integrada da paisagem.....	19
2.2 - Bacia hidrográfica como Unidade Integrada de Pesquisa	26
2.3 - Geoprocessamento Aplicado em Estudos Ambientais.....	30
3. PROCEDIMENTOS TÉCNICOS E METODOLÓGICOS	36
3.1 - Levantamentos de Materiais Cartográficos	36
3.2 - Trabalhos de Campo	37
3.3 - Trabalhos de Laboratório	39
4. ANÁLISE DOS ASPECTOS CONSIDERADOS NA DEFINIÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL.....	45
4.1 - Geologia	47
4.2 - Pedologia	49
4.3 - Declividade.....	56
4.4 - Uso e ocupação da terra.....	58
4.5 - Pluviosidade.....	67
5. ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL	68
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
7. REFERÊNCIAS	77

1 INTRODUÇÃO

A atuação do ser humano torna-se cada vez mais intensa quanto às transformações ambientais devido aos diferentes processos de uso e ocupação da terra. Essas interferências humanas afetam diretamente as paisagens e seu funcionamento dinâmico.

Nesse contexto, as bacias hidrográficas, analisadas como unidades integradoras de temas físico-naturais e socioeconômicos, têm se tornado áreas prioritárias para compreensão de problemas relacionados à fragilidade, potencialidade e aos impactos ambientais estudados numa visão integrada do ambiente (CUNHA E GUERRA, 2000).

De acordo com Oliveira (2012), a ausência de planejamentos estratégicos no que se refere às bacias hidrográficas constitui um dos principais problemas que têm ameaçado a manutenção de sistema hídrico na sua conjuntura.

Assim, a análise sistêmica dos elementos físicos que constituem tais bacias hidrográficas, atrelada aos fatores sociais e econômicos em seus limites territoriais, pode apontar problemas relacionados aos impactos ambientais, auxiliar na modelagem de cenários futuros voltados ao reordenamento do território, nortear o processo de ocupação da terra, além de diagnosticar áreas suscetíveis à fragilidade ambiental (ROSS, 2000) e/ou vulnerabilidade (CREPANI, 2001).

Segundo Santos (2004), a análise conjunta dos condicionantes caracterizadores do meio natural, numa perspectiva multitemporal, permite um conhecimento mais amplo das áreas e possibilita um diagnóstico mais preciso de suas potencialidades, fragilidades, acertos e conflitos presentes na paisagem em análise. Desta forma, a análise integrada da paisagem contribui para uma visão sinóptica do meio ambiente que está sendo investigado e, ao mesmo tempo, permite o conhecimento holístico das variáveis do quadro físico e humano que constituem uma dada realidade.

Neste sentido, a compartimentação das bacias hidrográficas para fins de planejamento integrado do meio físico, considerando os principais parâmetros que as integram, tais como: geologia, pedologia, morfologia, rede hídrica, clima e os fatores humanos relacionados ao uso e ocupação da terra, numa percepção multitemporal possibilita uma compreensão dinâmica e totalizadora das mesmas (ROSS, 1994).

Com este ponto de vista, destaca-se que a partir dos anos de 1970 e 1980, o desenvolvimento e aprimoramento das geotecnologias, onde o planejamento ambiental, com foco nos pressupostos da análise integrada, passou a ser realizado com maior precisão e acurácia dos resultados.

Ainda, a aplicação dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), como o ferramental do geoprocessamento, tem possibilitado a realização de estudos integrados com grande variedade de dados físicos e humanos (Fitz, 2008).

O Sensoriamento Remoto, como parte desse cabedal geotecnológico, é considerado uma técnica, para Florenzano (2011), e uma ciência, para Novo (2009). Dessa forma, o Sensoriamento Remoto vem sendo empregado por vários pesquisadores nos diversos estudos ambientais e geográficos, com foco na produção de dados e geração de informações geo-espaciais, e, também, tem sido utilizado na atualização de banco de dados georreferenciados.

Neste sentido, com o intenso uso dos recursos naturais pela sociedade contemporânea, torna-se imprescindível a aplicação das geotecnologias na realização das análises geossistêmicas com o objetivo de realizar estudos mais complexos e numa perspectiva de uso mais racional dos elementos do meio.

Nessa perspectiva de análise, as bacias hidrográficas, naturais ou antropizadas, cada vez mais têm sido interpretadas através de uma abordagem integradora, com foco na relação de interdependências entre os possíveis parâmetros que as formam (CUNHA E GUERRA, 2000).

Muito mais do que uma área drenada por um rio principal e seus tributários, as bacias hidrográficas são responsáveis pelo suprimento de água potável para a maioria das populações das cidades e do campo.

Seguindo esta linha de pensamento, desenvolve-se a presente pesquisa na bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande (BHRTG), uma das principais fontes de abastecimento de água da cidade de Palmas, onde, a problemática ambiental frente aos processos intensos de ocupação do solo é significativa.

Assim, observa-se que os danos ambientais na BHRTG passaram a ser mais intensos com a criação da cidade de Palmas como capital definitiva do Estado do Tocantins, segundo apontamento de Lira (2011).

No mesmo sentido, Chiesa (2016) destaca que desde o início da criação da cidade de Palmas, as áreas verdes encontradas nos espaços que deram lugar ao

sítio urbano do município foram sendo destruídas para que a gênese da cidade planejada fosse consolidada. Paralelo a esse processo contínuo ocorre o surgimento de setores como Jardins Aurenys I, II, III, IV, Morada do Sol I, II, e III, Vale do Sol, Santa Fé, Maria Rosa, Irmã Dulce e Bertaville os quais se firmaram através do suprimimento das APPs e de grande parte da vegetação do bioma Cerrado que caracterizava a paisagem onde se encontram o médio e baixo curso da bacia hidrográfica em estudo.

Como parte dessa conjuntura, a conformação do lago da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães (UHE de Lajeado) no rio Tocantins, da mesma forma, produziu um grande impacto ambiental no meio natural, biótico e econômico em escala regional (SOUZA, 2006).

Assim, considerando o quadro atual da BHRTG, acredita-se que a elaboração de estudos integrados desse ambiente pode auxiliar na busca de um detalhamento da situação da área e subsidiar os órgãos gestores municipal e estadual na realização de ações de planejamento e conservação ambiental.

Segundo a literatura científica, uma das maneiras de se compreender a dinâmica geoambiental, com a premissa da paisagem, é através da realização de estudos integrados.

De acordo com Ross (1994), as análises holísticas devem partir da adoção de uma metodologia de trabalho baseada na compreensão das características e da dinâmica do ambiente natural e do meio socioeconômico, visando buscar a integração das diversas disciplinas científicas específicas, através de uma síntese do conhecimento acerca da realidade pesquisada.

Desse modo, os estudos holísticos da paisagem permitem realizar diagnósticos e prognósticos sobre áreas frágeis ou vulneráveis do ponto de vista ecológico e potenciais quanto à exploração dos recursos naturais, uma vez que a análise integrada possibilita a compreensão interacionista entre as variáveis do meio físico e humano. Segundo Ross (2009, p.53):

Sob uma perspectiva de planejamento econômico e ambiental do território, quer seja municipal, estadual federal, bacia hidrográfica, quer seja qualquer outra unidade é absolutamente necessário que as intervenções humanas sejam planejadas com objetivos claros de ordenamento do território, tomando-se como premissas a potencialidade dos recursos naturais e humanos, e as fragilidades dos ambientes naturais.

Com isso em mente, é preciso que haja uma ponderação entre os elementos que estão sendo analisados, pois, a compreensão dos problemas

socioambientais na sociedade contemporânea exige que se faça uma análise integrada entre os componentes dos meios naturais e humanos (ROSS, 2009).

Nesse contexto, a BHRTG, responsável pelo fornecimento de água para uma grande contingente de indivíduos, se analisada numa perspectiva de análise integrada, considerando a relação intrínseca entre os fatores naturais e geográficos, pode favorecer uma gestão racional do sistema, garantindo, em médio e longo prazo, o uso dos recursos hídricos e a manutenção das características naturais do meio.

Considerando a perspectiva dos estudos integrados, esta pesquisa tem como objetivo geral analisar a Fragilidade Ambiental da BHRTG através de técnicas de Geoprocessamento. Para isto, os objetivos específicos definidos foram: caracterizar os elementos do meio físico (solo, pluviosidade, declividade e geologia) e humano (uso e ocupação da Terra); realizar uma análise integrada, considerando os elementos do meio físico e humano e analisar os aspectos de Fragilidade Ambiental.

Neste sentido, busca-se contribuir por meio da análise das fragilidades que a BHRTG apresenta, tendo como pressuposto uma abordagem integrada da paisagem.

Assim sendo, espera-se que se constitua mais uma fonte de informações para os gestores municipais e estaduais planejarem e gerirem suas ações para alcançarem um equilíbrio entre o uso e a conservação ambiental da bacia hidrográfica em questão.

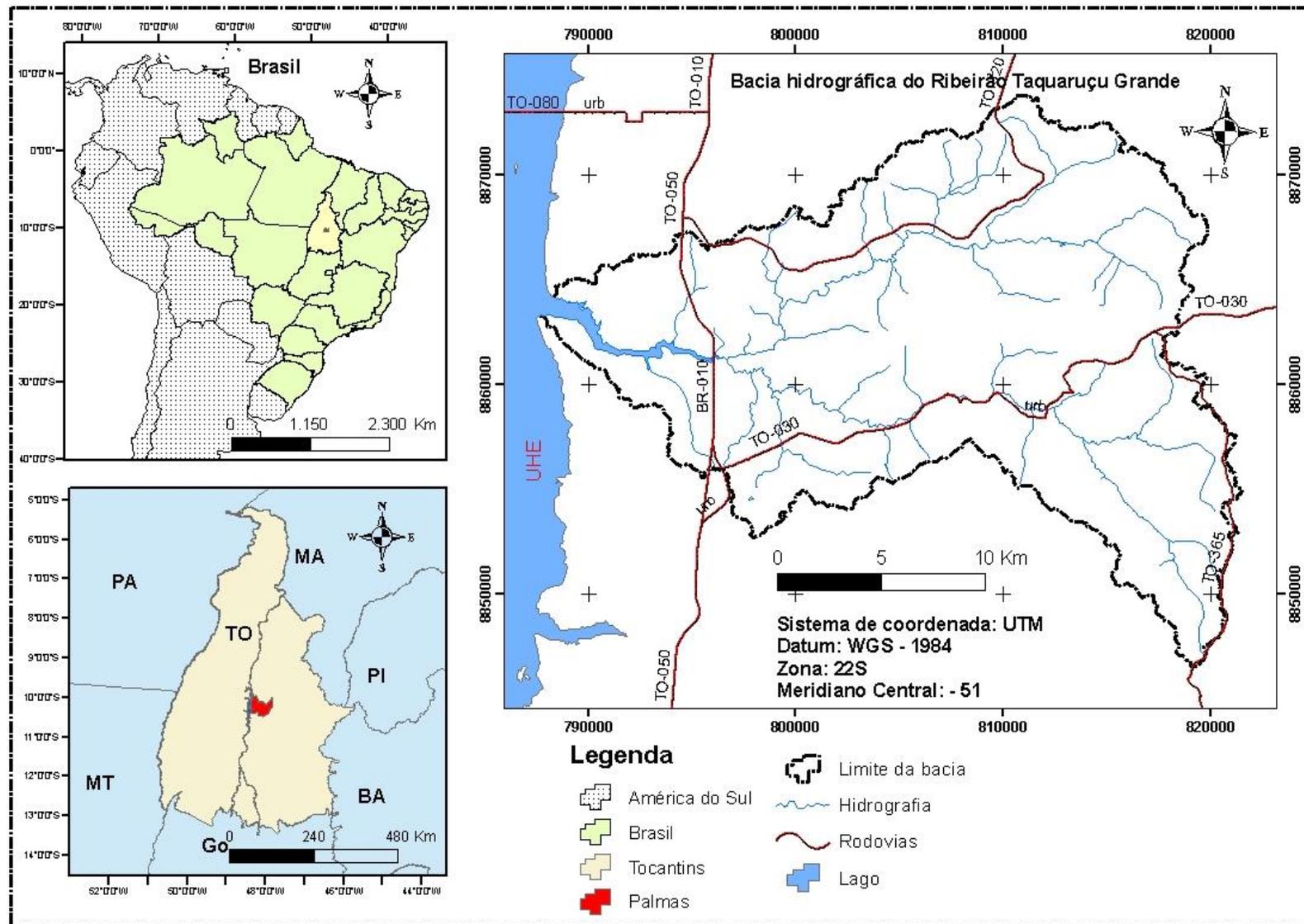
1.1 Localização

A BHRTG localiza-se na porção centro-sul do município de Palmas, capital do estado do Tocantins (Figura 1), possuindo uma área com cerca de 451,83km², equivalente a 18,49% do município. (MEDEIROS, 2013).

Conforme Chiesa (2016), a BHRTG é responsável por 66% do abastecimento da cidade de Palmas.

A maioria dos rios que drenam essa bacia hidrográfica nasce na Área de Preservação Ambiental – APA Serra do Lajeado, onde se encontra as maiores altitudes da área de pesquisa.

Figura 1- Localização da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande



Edição: Marcelo, D.R Pereira, 2019

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na busca do embasamento teórico da pesquisa, realizou-se levantamentos bibliográficos em livros, teses, dissertações, monografias, artigos científicos, entre outras fontes com abordagem da área de pesquisa ou temática em questão.

Neste sentido, enfatizou-se os seguintes aspectos: Abordagem Integrada; Bacia hidrográfica como Unidade Integrada de Pesquisa; Geotecnologia Aplicada aos Estudos Ambientais Integrados.

2.1 Abordagem Integrada da Paisagem

Os estudos conjuntos dos elementos físicos e humanos que constituem as unidades de paisagem, conforme Crepani (2001), tem se caracterizado como uma proposta metodológica capaz de favorecer o uso mais racional do meio ambiente; tais estudos, quando priorizados, permitem à realização de diagnóstico e prognóstico de áreas que apresentam certas fragilidades ou potencialidades ambientais.

Pautado na análise integrada do meio, a abordagem geoambiental tem sido empregada nos mais variados estudos do meio físico e social, cujo princípio é compreender a dinâmica entre os parâmetros que constituem uma dada realidade para fins de planejamento mais racionalizado do espaço.

Para Cristo (2013, pág., 26), “a visão holística e a necessidade da compreensão das relações entre o ser humano, à natureza e a sociedade criaram novas visões e enfoques para as pesquisas ambientais”.

Nesta linha de pensamento, a abordagem geoambiental, com uma percepção totalizadora da paisagem, tem se consolidado como uma proposta de análise sistêmica do ambiente, pois, favorece o cruzamento de dados de representação geográfica e ambiental como medida de ordenamento do território.

Segundo Ross (2009) ao caracterizar uma dada região, focalizando a compreensão holística de sua dinamicidade interna, troca de energia e matéria, e as metamorfoses que resultam desse processo, pode-se mensurar as áreas com potenciais ecológicos diferenciados e as mais fragilizadas aos impactos.

Desta forma, ao priorizar os estudos integrados da paisagem, busca-se através dos componentes que a integra, compreendê-la de forma unânime do

ponto de vista sistêmico e, também, diagnosticar as possíveis áreas potenciais e/ou frágeis aos impactos no que diz respeito às características do meio físico. Conforme Schirmer (2015, p.23):

O Estudo Geoambiental, neste sentido, pode ser visto como um instrumento de ordenamento territorial que busca identificar as restrições e as aptidões ambientais naturais quanto ao uso e a ocupação humana, propondo uma forma harmônica de relação entre a sociedade e a natureza).

Conforme se percebe, tal proposta pode auxiliar na tomada de decisão de ordenamento do território no que tange aos processos referentes às fragilidades ou potencialidades que as áreas podem oferecer em função das atividades antrópicas.

Em virtude disso, a análise integrada do meio vem se configurando como uma proposta metodológica que visa contribuir para o melhor entendimento dos impactos ambientais decorrentes das atividades humanas em áreas que apresentam altas fragilidades ambientais.

Ao favorecer o estudo sobre diagnóstico e prognóstico ambiental, tal proposta tem permitido a realização de planejamento ambiental numa visão mais integrada entre as atividades humanas e o meio físico.

O planejamento ambiental, pautado nos princípios de análise integrada da paisagem, tende a favorecer a realização de estudos mais dinâmicos e complexos, uma vez que busca contemplar tanto os entes do meio físico como do geográfico. De acordo com Santos (2004, p.28):

O planejamento ambiental fundamenta-se na interação e integração dos sistemas que compõem o ambiente. Tem o papel de estabelecer as relações entre os sistemas ecológicos e os processos da sociedade, das necessidades socioculturais e atividades e interesses econômicos, a fim de manter a máxima integridade possível dos seus elementos componentes.

De acordo com Santos (2004), o planejamento ambiental precisa contemplar no seu arcabouço teórico-metodológico a unicidade interativa das variáveis explicativas do meio geográfico e do meio natural.

Para esta, as pesquisas de cunho geossistêmico, com foco nas análises integradas do meio se consolida a partir dos anos de 1970/1980.

Desta forma, observa-se que o planejamento ambiental, quando tomado numa perspectiva de estudo integrado do meio, tem favorecido um conhecimento mais amplo e dinâmico de áreas frágeis ou potenciais ecologicamente.

Nessa conjuntura, os anos de 1960 e 1970 do século XX são caracterizados pelo desenvolvimento de pesquisas voltadas para uma visão mais integradora da relação home-meio. A percepção fragmentada dos componentes do meio físico abordado pela geografia tradicional positivista cede lugar aos estudos de cunho mais holístico (Sotchava, 1977).

Ainda nesse contexto, o pesquisador russo Sotchava (1977) preconizava sobre a teoria geossistêmica como algo capaz de explicar a relação intrínseca entre potencial ecológico e exploração biológica, incluindo, nesse conceito, as manifestações sociais e econômicas.

De acordo com Mendonça, “em termos de abordagem, a proposição geossistêmica utiliza a análise integrada do complexo físico-geográfico, ou seja, a conexão da natureza com a sociedade humana”, (1998, p.50).

Para este, mesmo se tratando de um sistema natural, o geossistema estaria incompleto caso não considerasse as intervenções humanas na sua estruturação.

Na concepção de Ross (2009, p.14), “é no âmbito da geografia física aplicada dos russos que também se encontra uma preocupação crescente de arrolar no contexto da abordagem analítico-integrada a relação sociedade-natureza trabalhada na geografia”.

De acordo com Ross (2009) o ano de 1980 vai ser o divisor de águas no que tange ao surgimento da geografia física aplicada no contexto brasileiro, uma vez que se passa a exigir a realização dos Estudos de Impactos Ambientais (EIAs) seguidos dos Relatórios de Impactos Ambientais (RIMAs) para a implementação de grandes projetos de engenharia.

Para Rodrigues (1994), a abordagem integrada da paisagem se consolida a partir da combinação indissociável dos elementos da natureza, economia, cultura e sociedade num processo constante de integração e transformação.

Dessa maneira, o geossistema emerge na segunda metade do século XX como uma proposta investigativa bastante enriquecedora para as análises geográficas empreendidas pela geografia física, pois tem favorecido uma abordagem mais completa entre os elementos que caracterizam a primeira e a segunda natureza.

Conforme Monteiro (2001, p.81):

O tratamento geossistêmico visa à integração das variáveis naturais e antrópicas (Etapa Análise), fundindo recursos, uso e problemas configurados (Etapa Integração) em unidades homogêneas assumindo um papel primordial na estrutura espacial (Etapa Síntese) que conduz ao esclarecimento do estado real da qualidade do ambiente na (Etapa Aplicada) do diagnóstico.

Assim, o planejamento territorial precisa levar em consideração, para efeito de abordagem geossistêmica, a interacidade entre os fatores que caracterizam as paisagens naturais, culturais, e, além do mais, favorecer a avaliação de impactos ambientais numa busca pela melhoria da qualidade do ambiente e de vida para a população (MONTEIRO, 2001).

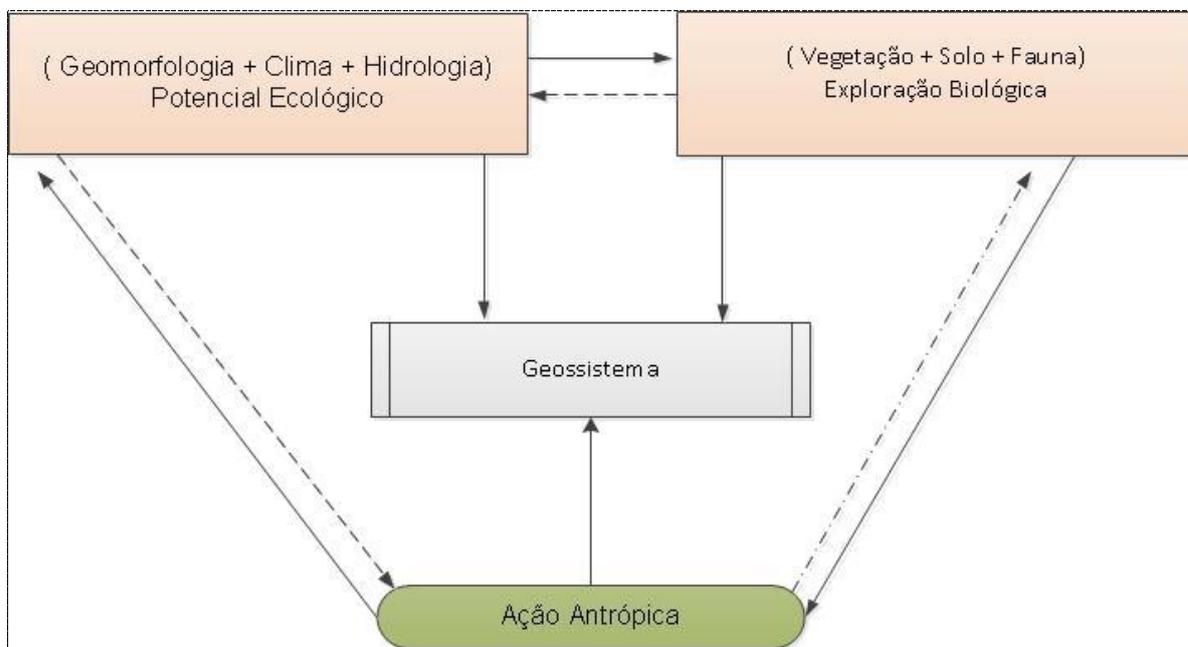
Nesse contexto, Bertrand (1972) diz que a paisagem, na perspectiva da abordagem geossistêmica ou integradora do meio ambiente, resulta da relação dinâmica estabelecida entre os parâmetros representativos do espaço físico e geográfico, num tipo de relação dialeticamente contínua. Para este, o geossistema caracteriza bem essa relação entre sociedade humana e a dinâmica do meio natural.

Para Bertrand (1972), ao ser constituído por elementos que dinamizam o potencial ecológico do meio (clima, hidrologia e geomorfologia) e a exploração biológica intrínseca a tal processo (vegetação, solo e fauna), incluindo nessa conjuntura analítica os fatores humanos, o geossistema se apresenta como uma abordagem teórico-metodológica bastante enriquecedora para os estudos empreendidos pela ciência geográfica.

Ao explicitar sobre a interpretação da paisagem a partir da abordagem geossistêmica, Bertrand (1972) deixava claro sua importância para a compreensão dos arranjos espaciais constituídos pelos elementos de ordem física e humana. Para este, o geossistema contempla uma análise indissociável entre os subsistemas abióticos e os subsistemas antropogênicos.

Desta maneira, a Figura 2 representa a relação existente entre as variáveis do quadro físico e humano, conforme Bertrand, na caracterização da paisagem.

Figura 2 – Representação Geossistêmica



Fonte: Bertrand, 1972.

Conforme os estudos de caráter geossistêmico ou integrados dos componentes do meio geográfico e natural, desenvolvidos principalmente a partir da segunda metade do século passado, a compreensão da interdependência que ocorre entre a ação antrópica e as dinâmicas que regem cada unidade da paisagem é crucial nesse tipo de análise.

Conforme Crepani (2001) é fundamental no computo da exploração socioeconômica e racional da natureza em sua totalidade.

Nessa perspectiva de estudo integrada da paisagem, a abordagem Ecodinâmica apresentada por Tricart (1977) torna-se referência para vários pesquisadores brasileiros, dentre outros, Ross (1994; 2000; 2009) e Crepani (2001) que trabalham a importância das pesquisas integradas da paisagem no entendimento das áreas frágeis/vulneráveis ou com potenciais ecológicos.

Crepani (2001), baseado nesses princípios, desenvolveu as Unidades Territoriais Básicas (UTBs), compreendidas como sendo a junção dos elementos ou unidades da paisagem do meio físico e humano (geologia, pedologia, rede hídrica, fitogeografia e uso e ocupação da terra) analisados na perspectiva integrada do meio.

Ainda de acordo com Crepani (2001, p.13) “estas informações precisam ser integradas para que se tenha um retrato fiel do comportamento de cada unidade da paisagem frente à sua ocupação”.

Para Tricart (1977), a morfodinâmica da paisagem, no que diz respeito às características de fragilidades ou potencialidades ambientais, pode se explicar da seguinte maneira:

A) Meios estáveis:

- cobertura vegetal densa;
- dissecação moderada do relevo; e
- ausência de manifestações vulcânicas.

B) Meios intergrades:

- balanço entre as interferências morfogenéticas e pedogenéticas.

C) Meios fortemente instáveis:

- condições bioclimáticas agressivas, com ocorrências de variações fortes e irregulares de ventos e chuvas;
- relevo com vigorosa dissecação;
- presença de solos rasos;
- inexistência de cobertura vegetal densa;
- planícies e fundos de vales sujeitos a inundações; e
- geodinâmica interna intensa.

Assim, a partir da proposta metodologia apresentada por (Tricart, 1977), Crepani desenvolveu um modelo empírico para avaliação de áreas vulneráveis e com potencial ecológico, a partir da atribuição de valores quantitativos (pesos) as unidades da paisagem constituintes do meio ambiente, conforme o quadro (1).

Quadro 1 – Categorias morfodinâmicas das Unidades da Paisagem

Categorias morfodinâmicas	Relações pedogênese/morfogênese	Peso
Estável	Prevalece a pedogênese	1
Intermediário	Equilíbrio pedogênese/morfogênese	2
Instável	Prevalece a morfogênese	3

Fonte: Crepani, 2001.

Conforme Crepani (2001), a paisagem é formada pela junção de interdependência entre os elementos do quadro natural e humano. Para este autor, cada uma dessas variáveis constitui uma unidade da paisagem.

Dessa maneira, para Crepani (2001), a análise conjunta desses parâmetros define uma Unidade Territorial Básica (UTBs) na perspectiva dos estudos integrados do meio.

Ross (1994; 2000; 2009), da mesma forma, ao trabalhar o conceito de unidade ecodinâmica desenvolvido por Tricart (1977) sobre estudos integrados da paisagem, faz também algumas adaptações a esse modelo de análise.

Neste sentido, Ross associou as unidades ecodinâmicas estáveis ao termo fragilidade potencial e, as unidades instáveis, a conceituação de fragilidade emergente.

Conforme apontamento de Ross (1994), tais categorias de fragilidades do meio podem ser caracterizadas em cinco níveis hierárquicos, considerando uma proposta 1, variando de 1 a 5 ou de 1 a 10 numa proposta 2, conforme Tabela (1).

Tabela 1- Níveis hierárquicos de Fragilidade Ambiental

Grau de Fragilidade	Níveis (Proposta 1)	Níveis (Proposta 2)
Muito Baixa	1	1
Baixa	2	2
Média	3	3
Alta	4	4
Muito Alta	5	5
-	-	6
-	-	7
-	-	8
-	-	9
-	-	10

Adaptado de: Ross, 1994; 2000.

A Fragilidade Ambiental da paisagem, segundo os princípios da proposta de Ross (1994), consiste indubitavelmente num tipo de perturbação que o meio ambiente passa em virtude da troca de energia e matéria na dinâmica natural.

Quando esse processo de desequilíbrio ocorre sem a interferência humana, Ross o definiu como sendo uma fragilidade potencial ou natural do meio.

Nesse tipo de contexto, o meio natural procura se readaptar novamente as condições iguais ou semelhantes à ocorrida antes da perturbação, buscando, desta maneira, sua resiliência.

Na concepção de Sporn e Ross (2004), o estudo da Fragilidade Ambiental da paisagem tem possibilitado as tomadas de decisões mais contundentes no que diz respeito à gestão ambiental territorial.

Assim, o equilíbrio dinâmico que rege o quadro natural, nessa perspectiva das conexões estabelecidas entre os componentes, solo, relevo, geologia, vegetação, dentre outros, só é interrompido quando as ações da sociedade humana atuam no processo.

Dessa maneira, enquanto a fragilidade potencial do meio diz respeito aos desequilíbrios, sofridos pela paisagem através de troca de energia e matéria entre os elementos naturais, a fragilidade emergente, por outro lado, centra-se nos processos de desequilíbrios ambientais desencadeados pelas atividades humanas através do uso e ocupação da terra. (ROSS, 1994).

2.2 - Bacia hidrográfica como Unidade Integrada de Pesquisa

Na perspectiva integrada do meio físico, as bacias hidrográficas, principalmente as que servem de mananciais para captação de água, e que são responsáveis pelo abastecimento de um grande contingente de indivíduos das zonas rural e urbana, têm sido cada vez mais analisadas por diferentes profissionais como unidades integradoras de gestão e planejamento ambiental.

Segundo Rocha (1991), a utilização de bacias hidrográficas como delimitação natural para realização de pesquisas e planejamentos é cada vez mais frequente no Brasil. Também comenta que ainda vêm sendo utilizadas como parâmetros de análise da deterioração, sensibilidade ambiental e na identificação de áreas prioritárias para intervenção, visando à preservação ambiental.

Rocha (1991) ainda enfatiza que a utilização e opção pelo uso de uma bacia hidrográfica, como área limite na execução de estudos, planejamentos e pesquisas em geral, se estende desde as décadas de 1970 e 1980 no Brasil, quando o Governo Federal brasileiro instituiu o Programa Nacional de Bacias Hidrográficas.

No mesmo sentido, cabe destacar que além desse Programa Nacional de Bacias Hidrográficas, surgem novos interesses relacionados ao estudo de bacias hidrográficas, a partir de várias pesquisas ligadas ao Gerenciamento de bacias hidrográficas com organizações de Comitês de bacias hidrográficas, entre outros.

Sobre a importância do uso de bacias hidrográficas como unidades de pesquisa, Botelho e Silva, (2011, p.153) mencionam que:

Entendida como célula básica de análise ambiental, a bacia hidrográfica permite conhecer e avaliar seus diversos componentes e os processos e interações que nela ocorrem. A visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita na adoção desta unidade fundamental

Segundo Tucci (1993), o planejamento de uma bacia hidrográfica é fundamental em uma sociedade devido ao uso crescente da água. Essa tendência atual envolve desenvolvimento sustentado de bacia hidrográfica, que implica no aproveitamento racional dos recursos hídricos, com o mínimo de danos ao ambiente.

Concordando-se com Tucci (1993), o planejamento ambiental das bacias hidrográficas é algo crucial para a sociedade considerando a demanda sempre crescente do abastecimento de água, tanto no meio rural quanto no meio urbano, como é o caso da BHRTG em questão, pois, nesta, percebe-se o aumento das ocupações humanas e o conseqüente aumento pela utilização dos seus recursos hídricos.

Desta maneira, os componentes do quadro físico presentes nas bacias hidrográficas, conectados através de dinâmicas e leis naturais, funcionam conjuntamente como se fossem subsistemas, cuja capacidade de resiliência aos impactos sofridos depende da relação harmônica ou não entre as partes que o constituem (CHRISTOFOLETTI, 1980)

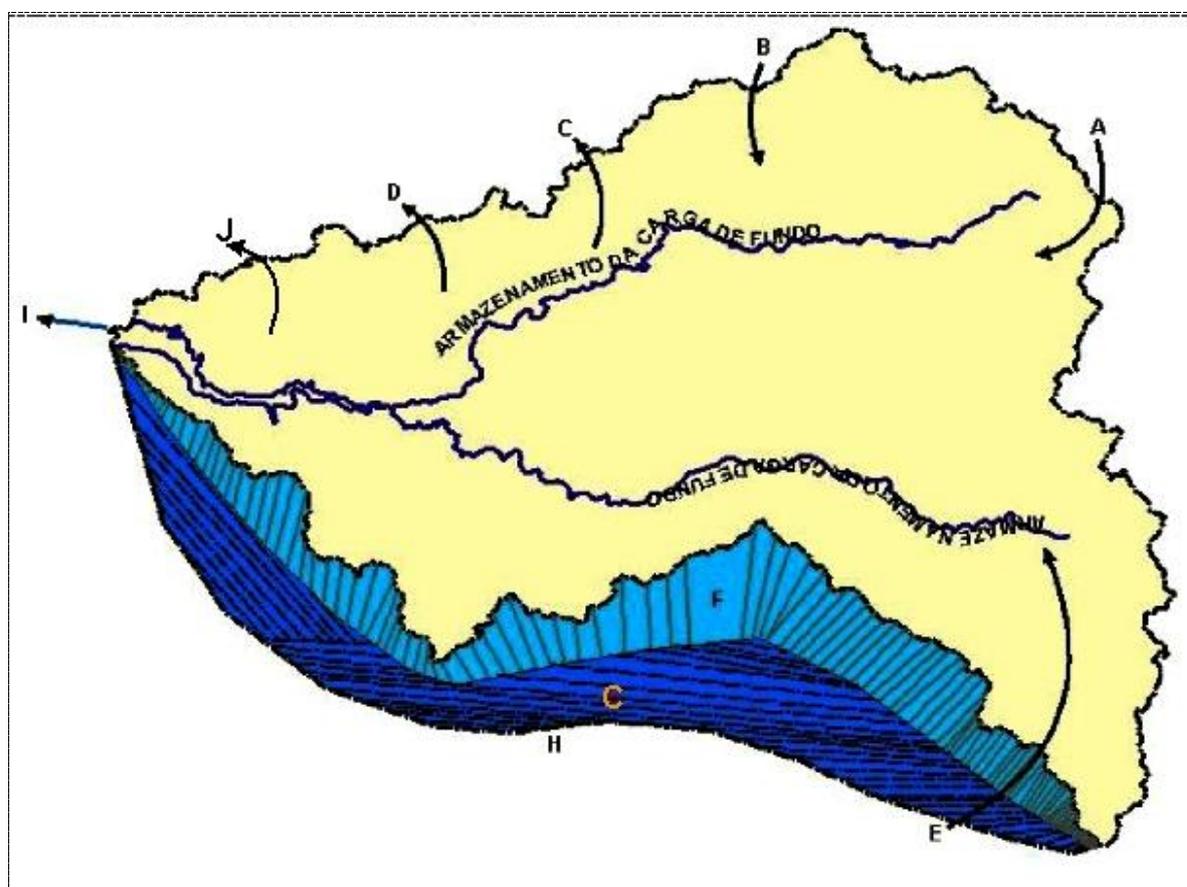
Assim sendo, as bacias hidrográficas, “podem ser consideradas sistemas abertos, em termos de (inputs) de energia oriundas da precipitação, e dos (outputs) relacionados à água e sedimentos oriundos da erosão fluvial e das encostas existentes nas bacias” conforme argumentação de (GUERRA E MENDONÇA, 2011, P.231).

Neste sentido, pode-se observar na Figura 3, a qual é uma adaptação da proposta de Cunha e Guerra (2017), a complexidade morfodinâmica dos processos internos e externos, que caracterizam uma bacia hidrográfica.

Segundo Leite (2011, p.55), além dessa dinâmica entre os componentes do meio físico que caracterizam as trocas de energia e matéria numa bacia hidrográfica, às intervenções humanas também precisam ser consideradas nessa complexidade de análise.

Ainda, conforme Leite (2011), “a ação antrópica é um fator que pode acelerar ou retardar os processos de entrada e saída de energia e matéria no interior das bacias hidrográficas”.

Figura 3 – Complexidade morfodinâmica na bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande



Adaptado de: Cunha e Guerra (2017).

Bacia drenagem, fluxos e transformações de energia, água e sedimentos: (A) energia radiante; (B) precipitação; (C) evapotranspiração; (D) energia latente; (E) material intemperizado; (F) armazenamento de unidade no solo; (G) armazenamento de água subterrânea; (H) material fonte; (I) descarga, transporte de sedimentos em suspensão, dissolvidos e de fundo; e (J) ação antrópica no conjunto da bacia em estudo.

Para ocupação de uma bacia hidrográfica é relevante um planejamento onde devem ser incluídas a proteção de vidas humanas e propriedades, a proteção da qualidade e reservas de água, proteção dos ecossistemas e o cuidado com os acessos a áreas mais frágeis e o gerenciamento das áreas de lazer inseridas na

perspectiva de sustentabilidade do sítio a ser preservado (LIMA E SILVA, 2000, p.234).

Nesse contexto, o planejamento ambiental das bacias hidrográficas, focalizando uma percepção holística e estrutural da dinâmica relacional entre os elementos da paisagem do meio físico e humano, tem conquistado cada vez mais espaços entre os especialistas que versam sobre as abordagens sistêmicas.

Assim, de acordo com Cunha e Guerra (2017, p. 353):

“os desequilíbrios ambientais originam-se, muitas vezes, da visão setorializada dentro de um conjunto de elementos que compõem a paisagem. A bacia hidrográfica, como unidade integradora desses setores (naturais e sociais) deve ser administrada com esta função, a fim de que os impactos ambientais sejam minimizados”.

A própria definição de bacia hidrográfica, segundo Santos (2004, p.85), já remete a ideia de conjunto, pois, trata-se de “um território drenado por um rio principal, seus afluentes e subafluentes permanentes ou intermitentes, estando, portanto, associado à noção de sistema, nascente, divisores de água, cursos de água hierarquizados e foz”.

Ao discorrer sobre as bacias hidrográficas como unidade de planejamento ambiental, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH, 1997), lei nº 9.433, implementa seus objetivos num aporte de uso sustentável do sistema hídrico, sendo estes:

I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;

II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;

III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

De acordo com Santos (2004), as preocupações com as questões ambientais relacionadas aos desmatamentos das encostas e próximo aos cursos d'água, poluição de mananciais, supressão das áreas de preservação permanentes, em função de saneamentos básicos precários, no caso brasileiro, vêm desde o período imperial quando D. João VI e D. Pedro II foram orientados por naturalistas sobre esses problemas socioambientais.

Na atual conjuntura, o planejamento ambiental, como proposta de usufruto racional dos recursos naturais, nos postulados da abordagem sistêmica,

leva em consideração todo um aparato respaldado em decretos, normas e leis que apregoam uma gestão eficiente e participativa do meio ambiente (SANTOS, 2004).

2.3 Geoprocessamento Aplicado em Estudos Ambientais

A interferência antrópica nos sistemas naturais, cada vez mais intensas e degradantes, têm demandado respostas rápidas e acuradas no que tange ao uso racional do meio natural e geográfico.

Nesta perspectiva, as geotecnologias, representadas pelo Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto, Sistema de Posicionamento Global (GPS), e pelos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), têm demonstrado grande eficácia ao permitir análises de dados complexos e variados na realização de planejamento e gestão ambiental (FLORENZANO, 2011).

O Geoprocessamento pode ser caracterizado como uma técnica que utiliza um SIG para realizar levantamentos, análises e cruzamentos de informações georreferenciadas, visando à realização de planejamento, manejo e/ou gerenciamento de um espaço específico (FITZ, 2008, p.108).

Desta forma, ao permitir a intersecção de dados físicos e humanos georreferenciados, o Geoprocessamento tem possibilita a apresentação dos mesmos em forma de gráficos, tabelas e mapas, o que o torna de grande utilidade para o planejamento ambiental numa percepção integrada do meio ambiente.

Na contemporaneidade, vários pesquisadores têm se utilizado da técnica de Geoprocessamento na realização de pesquisas de cunho geográfico e ambiental.

Conforme Rodrigues (1993), o Geoprocessamento, como um conjunto de tecnologia, tem permitido a coleta, armazenamento, tratamento, manipulação e apresentação das informações referentes aos espaços físicos e humanos.

Em função de sua versatilidade na manipulação e apresentação de dados georreferenciados geograficamente, o Geoprocessamento tem sido empregado principalmente em estudos onde envolvem uma visão mais holística e dinâmica das variáveis físicas e humanas envolvidas no processo de análise. Conforme Mello (2015, p.13):

O Geoprocessamento consiste na utilização de várias técnicas matemáticas e de computação que precedem ao processamento digital de dados e informações georreferenciadas, constituindo-se numa ação essencial à execução de pesquisas geológicas, hidrológicas e para a gestão de informação

Empregado em vários tipos de pesquisas, o Geoprocessamento tem favorecido uma análise mais dinâmica e flexível dos componentes geográficos e naturais, permitindo, inclusive, a realização com otimização de tempo de diagnóstico e prognóstico com dados múltiplos e de diferentes fontes.

Conforme Silva (2001, p. 12 e 13) o Geoprocessamento pode ser definido como:

“um conjunto de técnicas computacionais que opera sobre base de dados (que são registro de ocorrência) georreferenciados, para transformar em informação (que é um acréscimo de conhecimento) relevante, deve necessariamente apoiar-se em estrutura de percepção ambiental que proporcionem o máximo de eficiência nesta transformação”

Na percepção de Padilha (2008, p. 21) Geoprocessamento é um “termo genérico que se refere a todas as técnicas de correlação entre informações espaciais e cartografia digital, estando, de certa forma, relacionado diretamente a grande evolução vivenciada pelo Sensoriamento Remoto”.

O Sensoriamento Remoto, de uso multidisciplinar, conforme Florenzano (2011) tem permitido retrabalhar os conceitos tratados pela Geografia de maneira mais dinâmica e palpável, uma vez que as imagens de satélite favorecem o desenvolvimento de uma cartografia mais realística, flexível e precisa da representação dos elementos naturais e humanos.

Nesse contexto, a difusão das imagens de satélites a partir dos anos 1970 do século passado, sem nenhum custo para o usuário na maioria das vezes, tem contribuído sobremaneira para a popularização e a utilização em larga escala desses produtos satelitários pelos mais diferentes pesquisadores. Desde então, as imagens orbitais passaram a ser consideradas de grande valia nos estudos do meio ambiente, pois conseguem fazer o imageamento contínuo e multitemporal da superfície terrestre.

Conforme Florenzano (2011, p. 81):

As imagens de satélites, ao recobrirem sucessivas vezes a superfície terrestre, possibilitam o estudo e o monitoramento de fenômenos naturais dinâmicos do meio ambiente, como os da atmosfera, do vulcanismo, de erosão do solo, de inundação etc. e aqueles antrópicos, como o desmatamento.

O Sensoriamento Remoto é fruto da interdisciplinaridade entre as ciências da computação, química, matemática, biologia, ciências da terra (FLORENZANO, 2011),

Para Novo (2010) o Sensoriamento Remoto, apresentado como uma ciência tem favorecido a aquisição de inúmeros dados da superfície terrestre, sem nenhum contato direto com eles.

Para Rosa (2007, p.13) “o Sensoriamento Remoto pode ser definido, de uma maneira ampla, como sendo a forma de obter informações de um objeto ou alvo, sem que haja contato físico com o mesmo”.

Assim, como parte do arcabouço geotecnológico, o Sensoriamento Remoto tem sido empregado em vários estudos ambientais e geográficos.

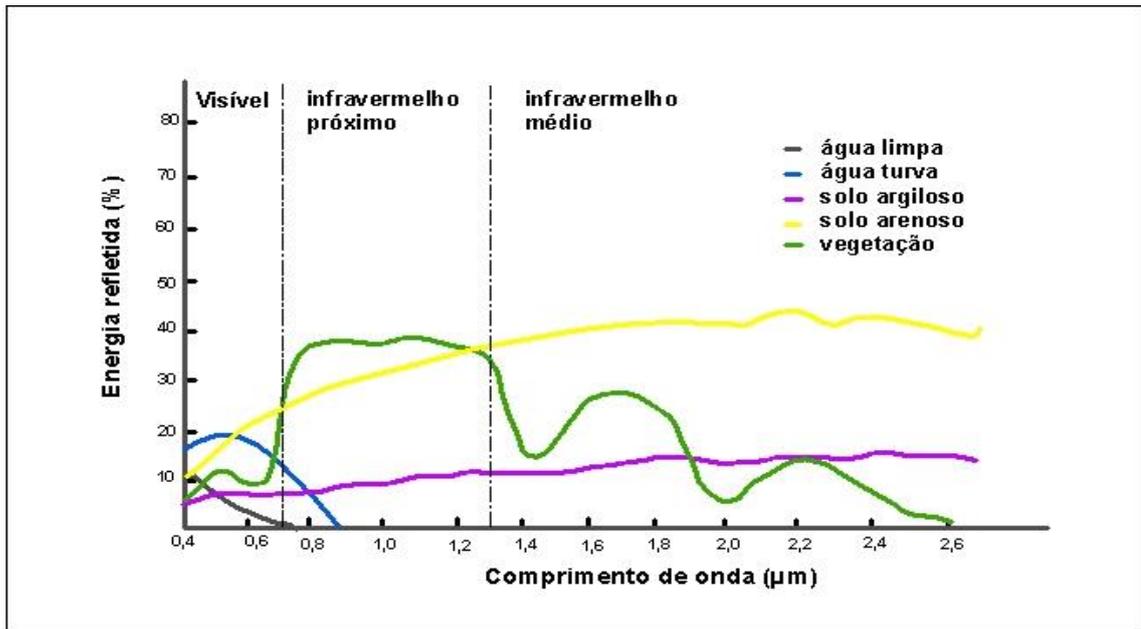
Para Crepani (2001, p. 13):

“a adoção das imagens de satélite como “âncora” para o zoneamento traz consigo a possibilidade de se utilizar todo o potencial disponível no Sensoriamento Remoto e nos Sistema de Informação Geográfica, além de desenvolver uma metodologia perfeitamente aplicável a novos produtos orbitais que estarão disponíveis no futuro”

No mesmo sentido, o Sensoriamento Remoto, ao permitir a captura da emissividade e reflectância da energia eletromagnética dos elementos superficiais através dos seus comprimentos de onda, tem favorecido a interpretação dos alvos imageados por meio de sua assinatura espectral.

Como exemplo de assinaturas espectrais de alvos (água, solo e vegetação) podem ser observados na Figura 4.

Figura 4 – Assinatura de alvos de superfície



Fonte: Florenzano, 2011

As características físico-química e biológica desses alvos captados pelos sensores ópticos são cruciais para o processo de interpretação das imagens de satélite, uma vez que as mudanças que ocorrem em suas estruturas moleculares, orgânicas e geométricas podem influenciar diretamente no comportamento espectral dos elementos (FLORENZANO, 2011).

Como parte desse arcabouço, os SIGs, compreendidos como o ferramental do Geoprocessamento, assume importância singular na sociedade contemporânea, uma vez que favorece a otimização do tempo dispendido as análises dos fenômenos espaciais, e a manipulação de robustos bancos de dados, o que tem permitido uma maior eficácia nos diagnósticos e prognósticos voltados à gestão e planejamento ambiental e territorial.

Conforme salientado por Fitz (2008, p.23):

“SIG é um sistema construído por um conjunto de programas computacionais, o qual integra dados, equipamentos e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido”

Desta maneira, percebe-se que a utilização das geotecnologias no desenvolvimento dos estudos integrados é algo imprescindível e irreversível na sociedade contemporânea quando se prioriza a geração e flexibilização de dados,

acurácia e precisão nos resultados das pesquisas, o que tende a favorecer os mapeamentos de áreas com potencial ou restrição ao uso humano na perspectiva de análise integrada do meio ambiente.

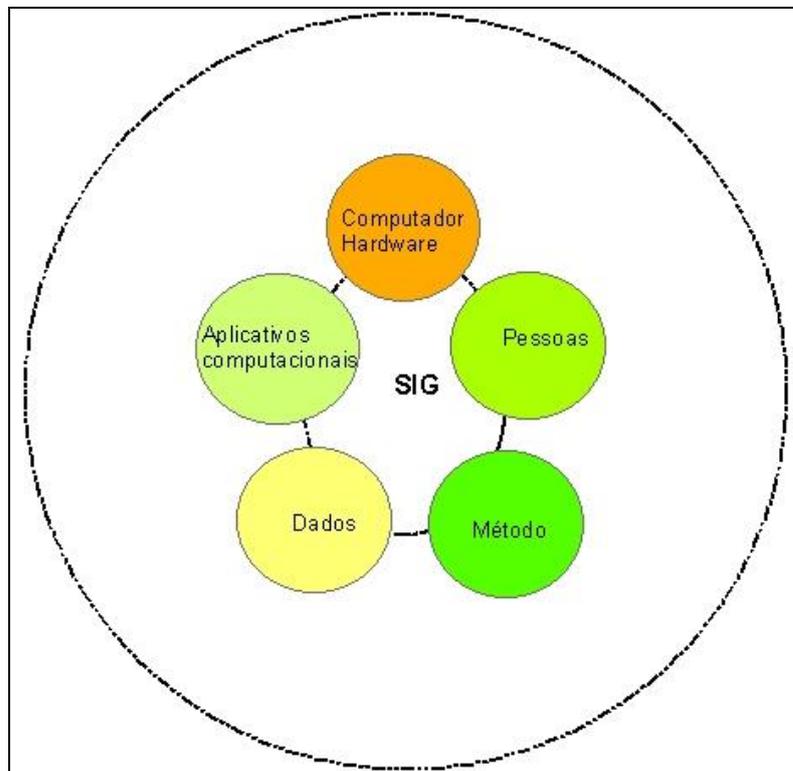
Santos (2004, p. 131) comenta sobre a utilidade dos SIGs no tratamento de dados espaciais que:

Estes apresentam, pelo menos, três requisitos essenciais nas análises espaciais: eficiência (pela facilidade de acesso e manipulação de grande volume de dados); integridade (pelo controle de acesso por múltiplos usuários) e a persistência (pela manutenção de dados por longo tempo, independentemente dos aplicativos que acessem os dados e sua possível revisão).

Conforme salientado por Fitz (2008, p.22), o desenvolvimento dos SIGs está relacionado diretamente com a “evolução do computador (hardware) e de sistemas específicos (softwares) para processamento de dados georreferenciados espacialmente”.

Para Fitz (2008) um SIG pode ser caracterizado como um conjunto de programa que integra pessoas, dados e equipamentos. Essa interface entre pessoas, dados e equipamentos pode ser observada na Figura 5.

Figura 5 – Interface entre SIG, pessoa e dados



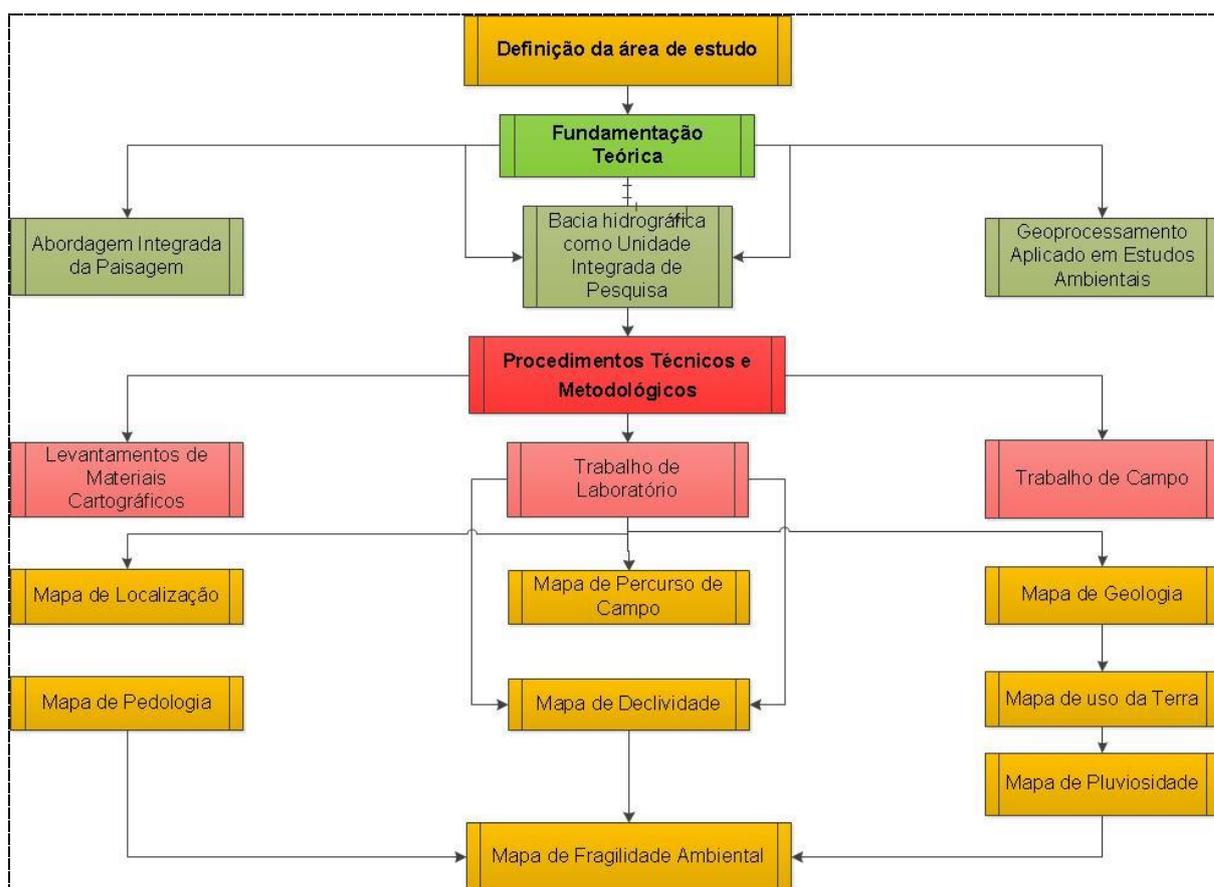
Fonte: Araújo, 2012

Ainda, SIG, ferramenta do Geoprocessamento, ao atuar na interface da conexão entre pessoas, equipamentos e dados georreferenciados, tem possibilitado uma série de análises dos elementos do meio físico e humano.

Nesse contexto, a aplicabilidade desses softwares em estudos da dinâmica espacial tem contribuído sobremaneira na compreensão de inúmeros fenômenos que afetam a sociedade contemporânea.

Em concordância com os autores mencionados neste item é que pretende-se aplicar técnicas de Geoprocessamento na análise das Fragilidades Ambientais da BHRTG buscando-se rapidez e precisão na obtenção dos resultados. Nessa perspectiva, o fluxograma metodológico figura (6), busca sintetizar a passo a passo adotado no desenvolvimento da pesquisa.

A figura 6 – Fluxograma metodológico



Organização: Marcelo, D.R. Pereira, 2019

3 - Procedimentos Técnicos e Metodológicos

De maneira geral os procedimentos metodológicos adotados na presente pesquisa podem ser caracterizados pela utilização de técnicas de Geoprocessamento na análise de dados do quadro físico e antrópico, tais como: declividade, solo, pluviosidade, geologia e uso e ocupação da terra.

Os dados do quadro físico e humano mencionados foram considerados como variáveis fundamentais na definição da Fragilidade Ambiental da área de estudo. Para estes, foram atribuídos pesos, conforme o grau de importância dada a estes frente ao objetivo de identificação da Fragilidade, e cruzados entre-si, via o software ArcGis versão 10.5.1.

Após o cruzamento dos mapas temáticos foi gerado o mapa final onde as classes de Fragilidades Ambientais foram hierarquizadas de modo a demonstrar a variação de fragilidade como: Muito Baixa, Baixa, Média Baixa, Média, Alta e Muito Alta.

Como pressuposto teórico, baseou-se nos fundamentos da metodologia desenvolvida por Ross (1994), no que diz respeito à análise integrada dos meios natural e humano, na definição da Fragilidade Ambiental da BHRTG.

Ainda, os procedimentos metodológicos inicialmente se concentraram em levantamentos bibliográficos baseados em livros, teses, dissertações, monografias, artigos científicos e outras fontes que abordam sobre a temática da pesquisa.

De modo específico as etapas realizadas na pesquisa podem ser observadas a seguir.

3.1 - Levantamentos de Materiais Cartográficos

De modo geral, os materiais cartográficos utilizados durante a realização da pesquisa foram arquivos vetoriais, cartas topográficas, mapas temáticos e imagens de satélites.

Os arquivos vetoriais e mapas temáticos foram levantados junto a Secretaria de Planejamento e Orçamento do estado do Tocantins (SEPLAN, 2012), as cartas topográficas junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), o mapa Pedológico junto ao Projeto Produtor de Água (PDA, 2012) da

BHRTG e as imagens de satélites junto ao Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2017).

.3.2 - Trabalhos de Campo

Os trabalhos de campo, de maneira geral, foram feitos no sentido de realizar-se um reconhecimento geral da área de pesquisa, bem como para observar os aspectos do meio físico como solo e geologia, e do meio antrópico relacionados às diferentes formas de uso e ocupação da terra da área de estudo.

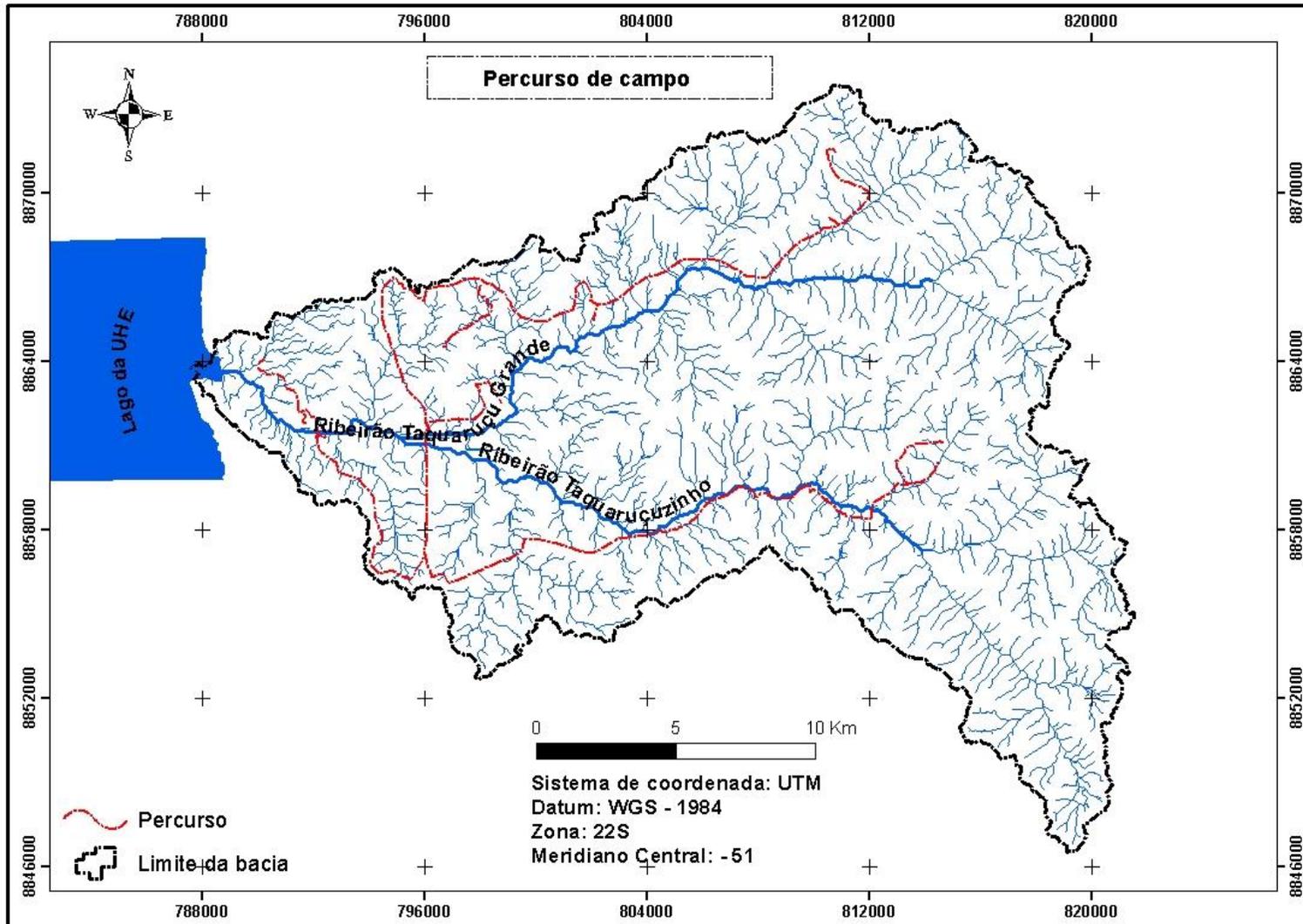
Neste sentido, foram feitos levantamentos fotográficos utilizando-se máquina digital; coleta de pontos de controle com coordenadas geográficas com a utilização de receptor de navegação GPS para aferição e validação dos produtos cartográficos.

De modo específico, pode-se destacar que através da coleta de pontos com o receptor GPS, foi realizada uma avaliação e validação do mapa de uso e ocupação da terra; tal processo, segundo Florenzano (2011), permite averiguar a exatidão e a confiabilidade da classificação do mapa de uso da terra.

Também nos trabalhos de campo foram adquiridas informações para complementação do mapa de Fragilidade Ambiental da BHRTG e validação dos demais produtos cartográficos temáticos.

Neste sentido, para realização da presente pesquisa, foram realizados diversos trabalhos de campo com cobertura de várias porções da área de estudo, conforme pode ser observado na Figura 7 o percurso percorrido.

Figura 7. Representação do Percurso realizado durante os trabalhos de campo



Edição: Marcelo, D.R Pereira, 2019

3.3 - Trabalhos de Laboratório

O procedimento de operacionalização da pesquisa foi realizado no Laboratório de Geoprocessamento do curso de Geografia (LABGEOP), Campus de Porto Nacional, da Universidade Federal do Tocantins.

Quanto ao software utilizado no cruzamento e edição dos mapas temáticos fez-se uso do software ARCGIS 10.5.1.

Entre os mapas confeccionados pode-se mencionar os mapas de Localização, Pedologia, Pluviosidade, Geologia, Declividade, Uso e Ocupação da Terra, bem como o mapa final de Fragilidade Ambiental da BHRTG.

Na sequência pode-se observar com maior detalhamento os aspectos dos dados temáticos abordados na pesquisa.

Dados Pedológicos

As informações relacionadas à cobertura pedológica da área de estudo, na escala de 1:25.000, foram adquiridas junto ao Projeto Produtor de Águas (PDA, 2012) da BHRTG. Na execução deste mapa de solos, houve a participação na logística da Foz Saneatins e da The Nature Conservancy.

Como esse projeto não mapeou o baixo curso da bacia hidrográfica em questão, alegando que a conformação do reservatório da usina de Lajeado havia o comprometido, optou-se nesta pesquisa por fazer-se a sua complementação a partir de dados pedológicos da SEPLAN (2012), na escala de 1:250,000 e observações e levantamentos de campo.

A partir daí, considerou-se que esse trecho da bacia hidrográfica seria constituído pela classe de solo do tipo Latossolo, conforme indicado no mapa elaborado pela SEPLAN, com base no projeto RADAMBRASIL.

Por se tratar de uma escala com maior detalhe, o mapa de solos utilizado como base, percebeu-se a existência de quinze classes distintas de solos, sendo estas: Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos; Latossolos Amarelos Ácricos; Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos; Latossolos Vermelho Distroféricos; Latossolos Vermelho Distroféricos; Neossolos Litólicos Distróficos; Neossolos Litólicos Eutróficos; Nitossolos Brunos Distroféricos; Nitossolos Vermelhos Distróficos; Nitossolos Vermelhos Eutróficos; Plintossolos Háplicos Distróficos; Plintossolos Pétricos Concrecionários.

As classes equivalentes aos diferentes tipos de solos encontrados na área de estudo foram ponderadas e tiveram pesos atribuídos de acordo com o grau de Fragilidade Ambiental, seguindo a proposta de Ross (1994).

Dados Geológicos

No que diz respeito à geologia da BHRGT, esta foi caracterizada através de arquivos vetoriais adquiridos junto ao site da SEPLAN (2012). Este mapeamento utilizado como base, contempla todo o Estado do Tocantins, sendo, posteriormente, recortado para os limites da área de estudo.

As cinco classes das estruturas geológicas encontradas na bacia hidrográficas foram Complexo Goiano, Complexo Porto Nacional, Formação Pimenteiras, Granitos Intrusivos, Suíte Ipueiras.

As classes geológicas definidas no mapa da BHRTG foram ponderadas e tiveram pesos atribuídos conforme o grau de fragilidade ambiental a ser analisado segundo Ross (1994).

Dados de Declividades

Para modelagem do relevo da BHRGT, com destaque para o mapa de declividade, foram utilizados dados do programa *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), que podem ser adquiridos de forma gratuita no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

O produto utilizado na pesquisa para a geração do modelado foi o *SRTM 1 Arc-Second Global*, que possui 30 metros de resolução espacial e está disponível para todo o planeta.

No mapa de declividade optou-se pela classificação da EMBRAPA (1979) onde as classes definidas foram de 0 - 6% que denotam terrenos planos; entre 6% - 12% marcadas por terrenos suavemente ondulados; entre 12% - 20% caracterizada por terrenos ondulados; entre 20% - 30% com terrenos fortemente ondulados e a classe > - 30% onde encontram-se os terrenos fortemente montanhosos.

No mapa de declividade as classes temáticas foram ponderadas e tiveram pesos atribuídos conforme o grau de fragilidade ambiental, seguindo-se a metodologia proposta por Ross (1994).

Dados de Uso e Ocupação da Terra

Para realização do mapeamento do uso e ocupação da terra da área de estudo utilizou-se tecnologias de Geoprocessamento com aplicação do Sensoriamento Remoto.

No que diz respeito às vantagens que as imagens de satélite proporcionam aos estudos ambientais, “elas mostram os ambientes e a sua transformação, destacam os impactos causados por fenômenos naturais e pela ação do homem com o uso e ocupação do espaço” (FLORENZANO, 2011).

De modo específico, inicialmente foram adquiridas as imagens de satélite Landsat 8, Sensor OLI, do ano de 2018, bandas espectrais 6, 5 e 4, de maneira gratuita no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

Posteriormente estas bandas espectrais foram importadas via o software ArcGis, versão 10.5.1 e passaram um tratamento para melhoria da qualidade visual e digital das mesmas. Assim, realizou-se um pré-processamento das Imagens com aplicação da correção atmosférica das bandas espectrais e de uma classificação supervisionada para geração do mapa de uso e ocupação da terra.

O pré-processamento das imagens de satélite, bem como o processo de correção atmosférica, é fundamental para a melhoria da identificação dos elementos a serem mapeados.

Tal procedimento, conforme Florenzano (2011) tem a finalidade de calibrar a radiometria da imagem, atenuar os efeitos da atmosfera, remover ruídos, além de corrigir distorções geométricas.

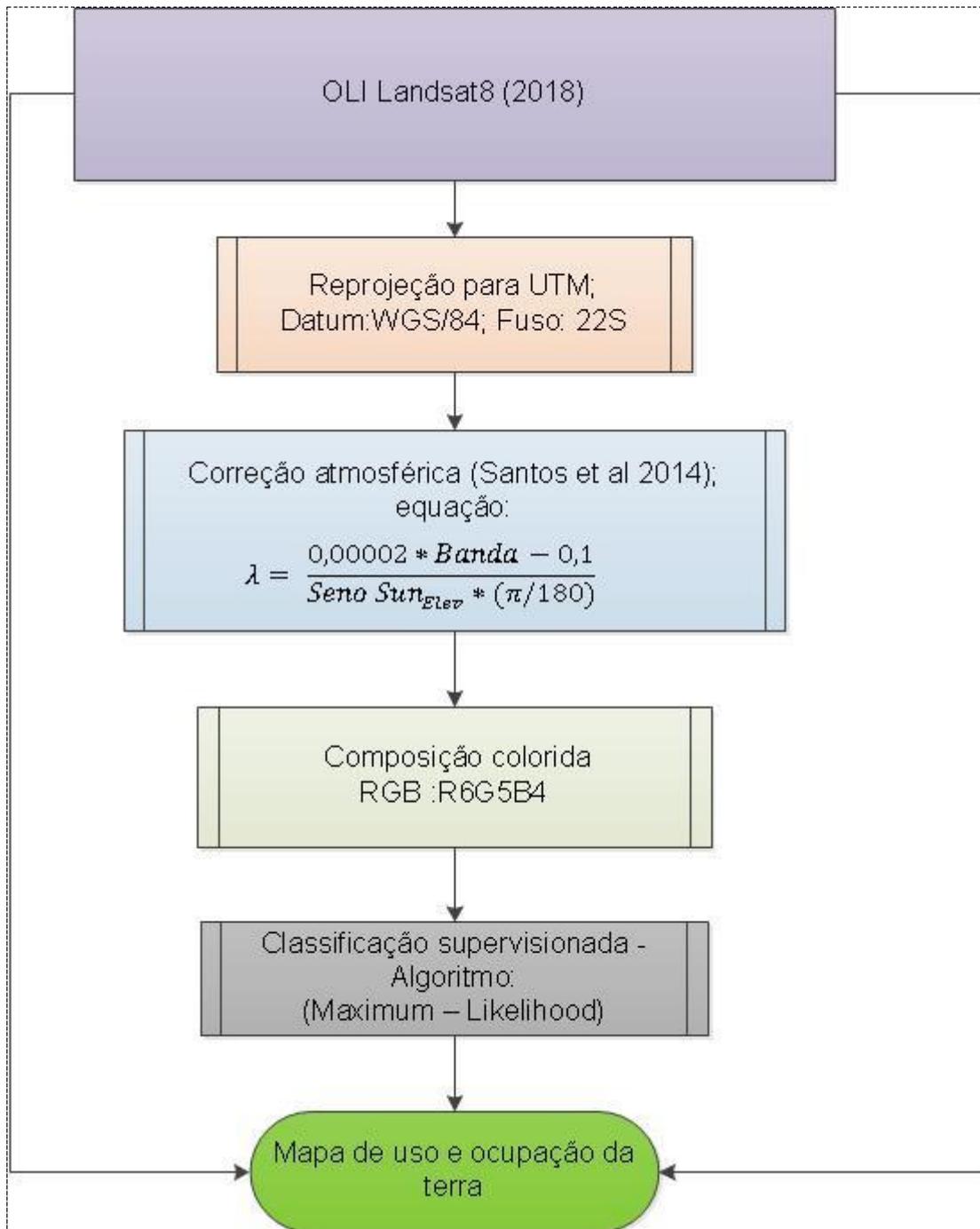
A técnica de classificação supervisionada consiste em reconhecer os objetos/alvos de superfície através de suas respostas espectrais (FLORENZANO, 2011).

Na sequência realizou-se a coleta de amostras (áreas de treinamento) dos elementos a serem mapeados para a geração do mapa de uso e ocupação da terra. Nesse caso, o algoritmo utilizado no processo de classificação supervisionada foi a Máxima Verossimilhança (Maximum-Likelihood).

Tal procedimento permitiu-se diagnosticar os processos de mudança no uso e na cobertura da terra na área de estudo com a definição de nove classes de uso: urbanização, cerrado denso, cerrado ralo, agricultura, pastagem, solo exposto, queimadas, área em regeneração e hidrografia.

Na figura 8, estão representadas as etapas realizadas durante o processamento das imagens de Satélites, ou seja, desde a aquisição, passando pela correção atmosférica e classificação supervisionada, até a confecção do mapa de uso e ocupação da terra da BHRTG.

Figura 8 - Síntese do Processamento Digital de Imagens



Organização: Marcelo, D. R. Pereira, 2019

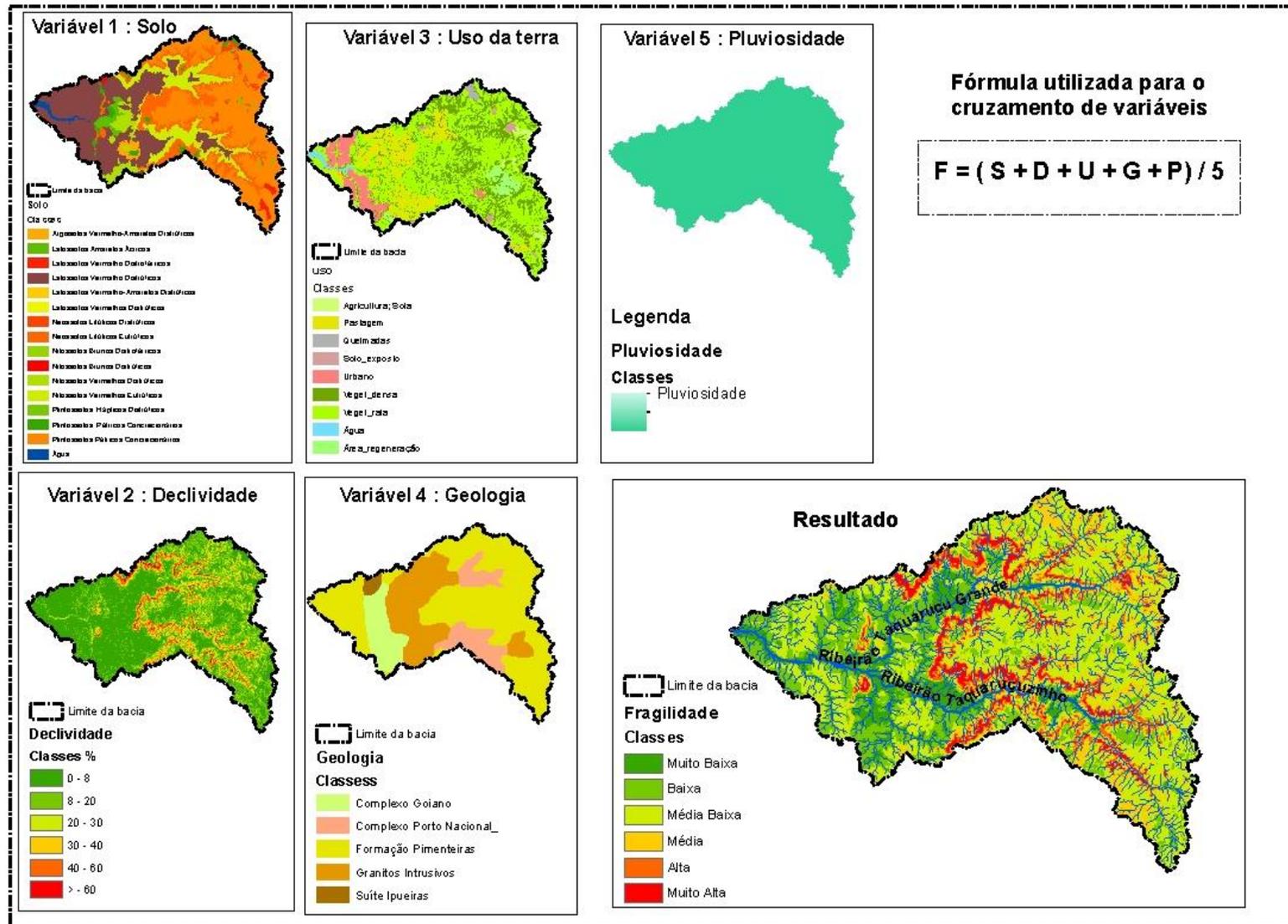
A partir da geração das classes de uso e ocupação da terra da área de estudo, pôde-se fazer a ponderação e atribuição de pesos conforme as características peculiares das mesmas seguindo-se a proposta de Ross (1994).

Nesse contexto, no que diz respeito à obtenção do mapa de Fragilidade Ambiental, a princípio, foi realizada uma conversão dos temas: Declividade, geologia, pedologia, pluviosidade e uso e ocupação da terra para o formato vetor através dos seguintes procedimentos: **ARC TOOLBOX** → **RECLASSIFY** → **RASTER TO POLYGON**. Após esse processo, abriu-se a **OPEN ATTRIBUTE TABLE** criando uma coluna para a atribuição de pesos ou notas as classes dos mapas temáticos. Em seguida, fez-se uma reconversão desses dados do formato vetor para o formato raster, seguindo o passo: **POLYGON TO RASTER** na caixa do **ARC TOOLBOX**.

Realizada essa adequação dos dados temáticos, abriu-se o **ARC** → **TOOLBOX** → **MAP ALGEBRA** **RASTER CALCULATOR**. Na janela que se abriu, realizou-se a seguinte operação: $((\text{Sol} + \text{Decl} + \text{Geo} + \text{Pluv} + \text{Uso})/5)$ chegando, então, ao mapa de Fragilidade Ambiental da Bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande.

A (Figura 9) apresenta uma síntese dos procedimentos metodológicos para o cruzamento dos mapas temáticos via o software ARCGIS, e a definição da Fragilidade Ambiental da área de pesquisa.

Figura 9 - síntese dos procedimentos metodológicos



Organização: Marcelo D.R.Pereira, 2019

Legenda da Equação: F= Fragilidade; S= Solo; D= declividade; US= Uso e Ocupação da Terra; Geol= Geologia; Pluv= Pluviosidade

4 – ANÁLISE DOS ASPECTOS CONSIDERADOS NA DEFINIÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL

A determinação da Fragilidade Ambiental da BHRTG com a perspectiva de estudo integrado da paisagem resultou de uma análise conjunta dos elementos considerados e descritos a seguir: Geológicos, Pedológicos, Declividades, Pluviosidade e Uso e Ocupação da Terra.

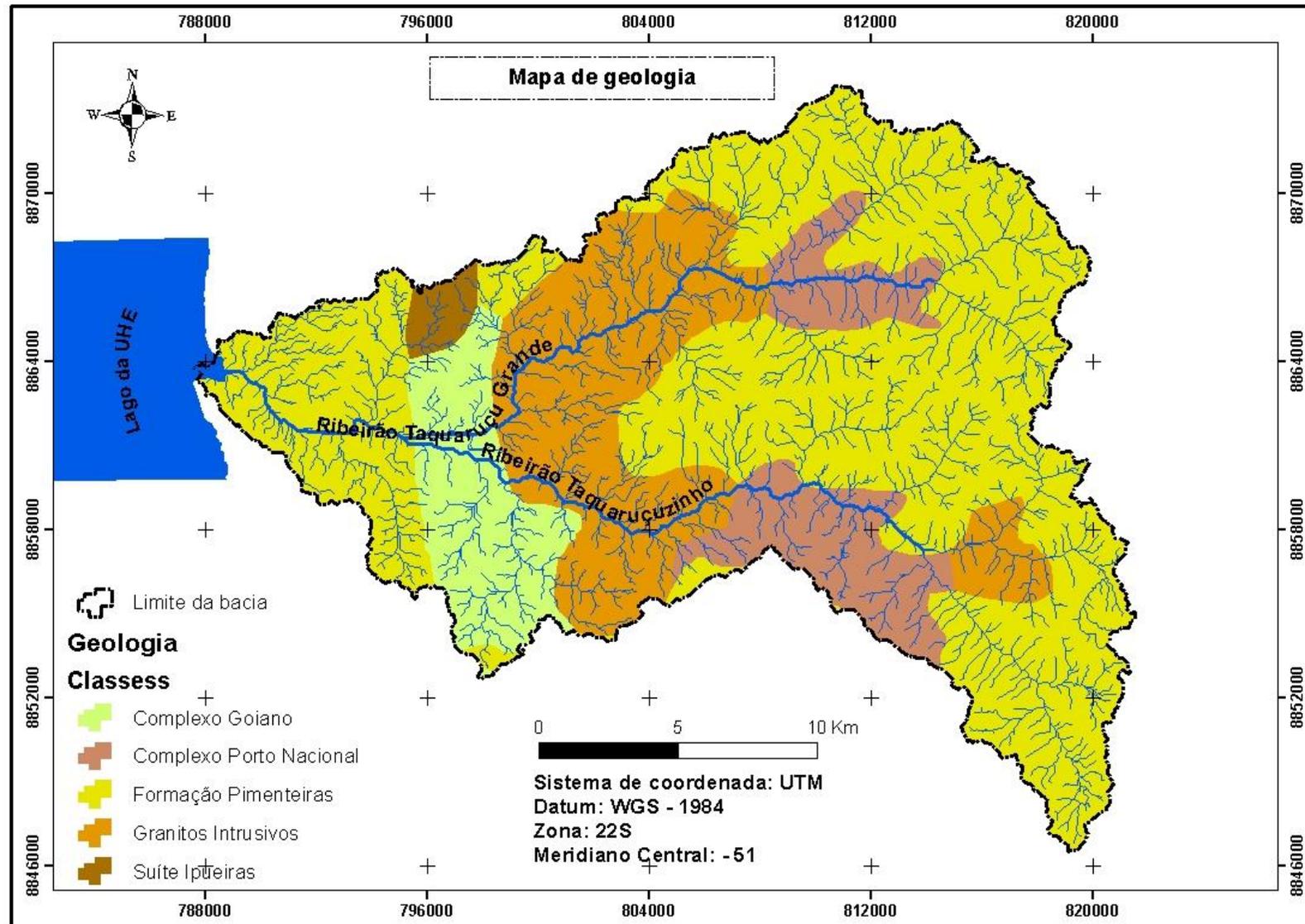
4.1 Geologia

No que tange as características do substrato geológico da área de estudo (Figura 10), segundo dados da SEPLAN (2012) e CPRM (2001), foram encontradas cinco classes geológicas. Assim, predominam os aspectos relacionados à Formação Pimenteiras, que faz parte do ambiente da bacia sedimentar do Parnaíba, com presença de rochas metamórficas dos complexos Goiano e Porto Nacional, formados por granitos intrusivos, além da presença de uma pequena área com rochas da Suíte Ipueiras.

A Formação Pimenteiras, pertencente à bacia sedimentar do Parnaíba, está presente nas regiões norte, leste, sudeste e oeste da BHRTG, ocupando cerca de 58,50% de sua área. Este é constituído por rochas areníticas grosseiras e finas, siltitos foliáceos, ferruginosos, argilitos, conglomerados e microconglomerados, sendo limitado por escarpas erosivas.

Ao longo da Serra do Lajeado, nas proximidades da nascente do Ribeirão Taquaruçuzinho, principal tributário do Ribeirão Taquaruçu Grande, conforme demonstrado na Figura 11, pode ser observado à intercalação entre as rochas areníticas com camadas finas, grosseiras e conglomeráticas na margem direita da rodovia estadual TO - 030.

Figura 10 - Geologia da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande



Edição: Marcelo, D. R. Pereira, 2019

Figura 11 - intercalação entre camadas de rochas areníticas



Fotografia: Marcelo, D. R. Pereira, 2018

Na porção centro-oeste, e numa pequena faixa da porção sudeste da área de pesquisa, ocupando uma área de 20,21% da bacia em questão, encontram-se as rochas Graníticas Intrusivas, pertencentes ao ambiente de dobramentos do Proterozóico Médio e Superior.

Na porção oeste da área estudo, próximo ao seu nível de base, encontra-se o Complexo Goiano, um complexo metamórfico de sequência vulcano-sedimentares do Arqueano e Proterozóico inferior que representa cerca de 9,24% da área.

O Complexo Goiano é constituído basicamente de rochas metassedimentares e metaígneas, com ampla variedade de gnaisses, tais como granito-gnaisses, gnaisses tonalíticos e quartizitos.

A estrutura Suíte Ipueiras, que ocupada 1,30% no conjunto da área de pesquisa, pertence ao ambiente de dobramentos do Proterozóico Médio e Superior e ao Complexo Metamórfico de Sequência Vulcano-sedimentares do Arqueano e

Proterozóico inferior. As rochas constituintes desse ambiente são praticamente formadas por tonalíticos e granitos.

O complexo Porto Nacional, pertencente ao mesmo tipo de ambiente da Suíte Ipueiras, representando 10,75% da área, e é formado pelos granulitos básicos, gnaisses kinzigíticos, gnaisses leptiníticos, gnaisses anortosíticos, metabasitos e metaultrabasitos (CPRM, 2001).

De acordo com Crepani (2001), toda rocha é um agregado de minerais que sofre mudanças desestruturais empreendidas pelos intemperismos físico, químico e biológico ao longo do tempo evolutivo.

Desta forma, a compreensão dinâmica do substrato geológico da área de estudo, e dos agentes externos que atuam sobre ele é imprescindível nos estudos integrado do meio.

No caso do intemperismo físico, a insolação de superfície é o principal elemento desencadeador desse processo, pois tende a provocar a expansão dos minerais que compõem as rochas e, conseqüentemente, a fragmentação das mesmas.

Já o intemperismo químico está estritamente relacionado à presença de água no substrato rochoso que, ao reagir quimicamente com os minerais que constituem as rochas, vão decompondo-as lentamente e dando início a formação dos solos.

O intemperismo biológico, diferente do químico e do físico, mas influenciado por eles, resulta da atuação dos elementos bióticos, seja de origem vegetal e/ou animal que age no desgaste das rochas e conseqüentemente contribui para a formação dos mais variados tipos de solos.

A denudação do relevo, influenciada pelos intemperismos e os processos erosivos, atua diretamente na dinâmica formadora do solo.

Para Crepani (2001), o solo é tido como um agente passivo e sua formação depende da atuação conjunta da litologia local, do clima, da fitogeografia, da declividade e do tempo.

Ainda conforme o autor mencionado, a denudação age diretamente na remoção e rebaixamento das mais variadas formas de relevo, tendo como principal agente propulsor desse processo a água em suas diversas formas. Como um agente passivo do meio natural e urbano, o solo é considerado causa e consequência da

interação entre os parâmetros que constituem uma unidade territorial básica, e influencia sobremaneira no equilíbrio dinâmico da paisagem.

A Tabela (2) busca-se sintetizar as estruturas geológicas encontradas na área da bacia hidrográfica em estudo e o grau de Fragilidade Ambiental associado, segundo Ross (1994).

Tabela 2 – Geologia associada ao grau de Fragilidade Ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande

Classes Geológicas	Área Km ²	Abrangência %	Peso Atribuído
Complexo Goiano	41,74	9,24	2,2
Complexo Porto Nacional	48,59	10,75	2,0
Formação Pimenteira	264,30	58,50	4,0
Granitos Intrusivos	91,34	20,21	1,8
Suíte Ipueiras	5,86	1,30	2,0
Total	451,83	100	-

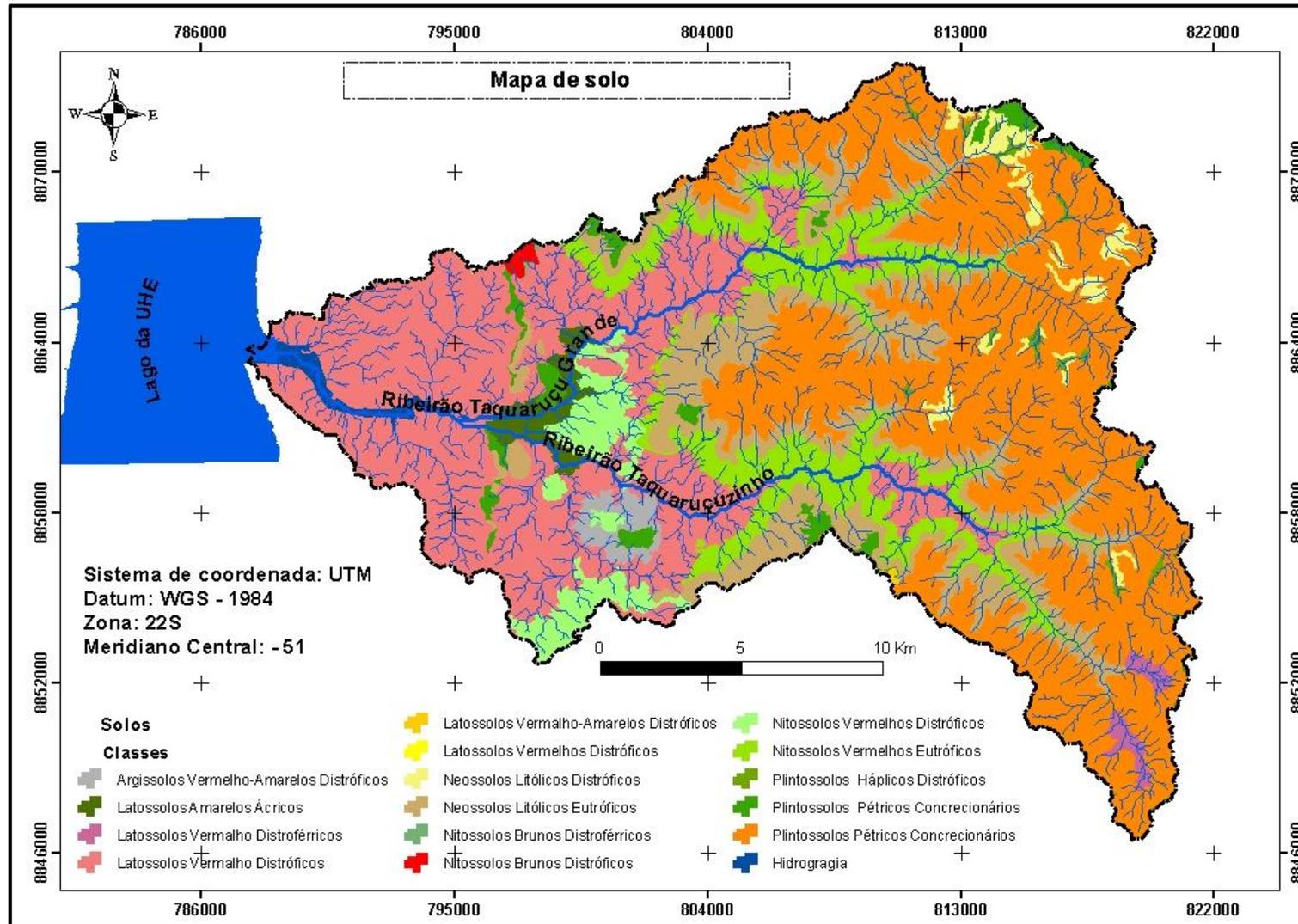
Organização: Marcelo, D. R. Pereira, 2019

Para atribuição de pesos as classes de geologia da área de estudo, seguiu-se os pressupostos da metodologia de Crepani (2001), com adaptação para a escala de 1 a 5 proposta por Ross (1994). Neste caso, considerou-se o grau de coesão das rochas como um indicativo de Fragilidade Ambiental, onde as mais coesas receberam menor peso.

4.2 Pedologia

Na área da bacia hidrográfica em análise foram encontradas quinze classes de solos, conforme Figura 12. Desta maneira, os solos encontrados, segundo o PDA (2012) da BHRTG são: Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos, Latossolos Amarelos Ácricos, Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos, Latossolos Vermelho Distroféricos, Latossolos Vermelho Distroféricos, Latossolos Vermelhos Distróficos, Neossolos Litólicos Distróficos, Neossolos Litólicos Eutróficos, Nitossolos Brunos Distroféricos, Nitossolos Brunos Distróficos, Nitossolos Vermelhos Distróficos, Nitossolos Vermelhos Eutróficos, Plintossolos Háplicos Distróficos e Plintossolos Pétricos Concrecionários.

Figura 12 – Pedologia da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande



Fonte: Projeto Produto de Água, 2012 e Organização: Marcelo, D. R Pereira, 2019

Para Ross (1994), no contexto morfodinâmico da paisagem, o solo resulta do processo diretamente ligado às nuances entre a pedogênese e a morfogênese, indicando, desta forma, quando prevalece às dinâmicas responsáveis pela formação dos solos ou degradadoras e aplainadoras do relevo.

No mesmo sentido, Ross (1994; 2000), o componente pedológico, como um dos elementos caracterizadores do meio físico, é fundamental na análise integrada da paisagem, pois, resulta da interação entre clima, relevo, geologia e fatores fitogeográficos.

A atribuição de pesos as classes pedológicas obedeceu aos pressupostos da metodologia de Crepani (2001), a qual foi adaptada à proposta de Ross (1994), com pesos variando de 1 a 5. Neste caso, a justificativa para estes pesos diz respeito ao grau de desenvolvimento dos solos, quanto mais desenvolvidos, como os Latossolos, menor peso ligado a Fragilidade Ambiental receberam.

Concordando-se com os aspectos mencionados por Ross (1994), é que considerou-se este elemento fundamental na análise do grau de Fragilidade Ambiental da área de estudo. Grau este, que pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 – Pedologia associada ao grau de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande

Classes de Solos	Área Km ²	Abrangência %	Peso Atribuído
Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos	4,48	1,0	3,3
Latossolos Amarelos Ácricos	6,30	1,7	1,6
Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos	0,31	0,1	1,6
Latossolos Vermelho Distroféricos	3,02	0,7	1,6
Latossolos Vermelho Distroféricos	121,24	26,7	1,6
Latossolos Vermelhos Distróficos	0,36	0,1	1,6
Neossolos Litólicos Distróficos	8,88	2,0	3,0
Neossolos Litólicos Eutróficos	63,28	14,0	3,0
Nitossolos Brunos Distroféricos	1,08	0,2	3,3
Nitossolos Brunos Distróficos	0,89	0,2	3,3
Nitossolos Vermelhos Distróficos	15,70	3,5	3,3
Nitossolos Vermelhos Eutróficos	50,39	11,2	3,3

Plintossolos Háplicos Distróficos	2,38	0,5	3,0
Plintossolos Pétricos Concrecionários	10,00	2,2	3,0
Plintossolos Pétricos Concrecionários	163,53	36,2	3,0
Total	451,83	100,0	

Organização: Marcelo, D. R. Pereira, 2018

Conforme a Fragilidade pedológica apresentada na BHRTG, quando se atribui valores ponderados entre 3, 4 ou 5, como grau de risco a perda de solo da região pesquisada, considera-se que esse recurso natural é jovem e pouco desenvolvido, onde, geralmente, a evolução dos perfis é pequena.

Neste contexto, de acordo com Crepani (2001) e Ross (1994), há uma predominância dos processos ligados a morfogênese responsável pelo processo esculpido-erosivo da paisagem.

Entre os tipos de solos da bacia hidrográfica em pesquisa, os Plintossolos que abrangem cerca de 38,9% da área, apresentam os maiores valores de fragilidade ambiental a erosão, variando entre 4,1 e 5,0 de acordo com Ross (1994) no que tange a fragilidade do ambiente.

Para a (EMBRAPA, 2006), os Plintossolos representam cerca de 29,4% da área de estudo e encontram-se localizados, na sua maior parte, no médio-baixo curso da BHRTG. Compreendem solos minerais, formados sob condições de restrição à percolação da água, sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, de maneira geral imperfeitamente ou mal drenados, que se caracterizam fundamentalmente por apresentar expressiva plintitização com ou sem petroplintita na condição de que não satisfaçam os requisitos estipulados para as classes dos Neossolos, Cambissolos, Luvisolos, Argissolos, Latossolos, Planossolos ou Gleissolos.

Usualmente os Plintossolos são solos bem diferenciados, podendo o horizonte A ser de qualquer tipo, tendo seqüência de horizontes A, AB, ou A, E seguidos de Bt, ou Bw, ou Bi, ou C, ou F, em sua maior parte acompanhados dos sufixos f ou c.

Parte dos solos desta classe (solos com horizonte plíntico) tem ocorrência relacionada a terrenos de várzeas, áreas com relevo plano ou suavemente ondulado e menos freqüentemente ondulado, em zonas geomórficas de depressão. Ocorrem também em terrenos inferiores de encostas ou áreas de surgentes, sob condicionamento quer de oscilação do lençol freático, quer de alagamento ou

encharcamento periódico por efeito de restrição à percolação ou escoamento de água (EMBRAPA, 2006).

No geral os Latossolos são solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo.

Ainda, os Latossolos, segundo a EMBRAPA (2006), são virtualmente destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo, têm capacidade de troca de cátions da fração argila baixa, inferior a 17cmol c /kg de argila sem correção para carbono, comportando variações desde solos predominantemente caulíníticos, com valores de K_i mais altos, em torno de 2,0, admitindo o máximo de 2,2, até solos oxídicos de K_i extremamente baixo.

Os Latossolos são normalmente muito profundos, sendo a espessura do solo raramente inferior a um metro. Têm seqüência de horizontes A, B, C, com pouca diferenciação de subhorizontes, e transições usualmente difusas ou graduais, conforme pode se perceber na Figura 12.

Figura 13 – Perfil de Solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo



Fotografia: Marcelo, D. R Pereira, Maio de 2018

Os Neossolos, por sua vez, correspondem a 16% da cobertura pedológica encontrada na bacia hidrográfica em questão e por se tratar de solos pouco desenvolvidos, recebeu ponderação entre 2,5 e 3,0 na escala de classificação de fragilidade ambiental (ROSS, 1994).

Segundo a EMBRAPA (2006), os Neossolos são constituídos por material mineral, ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário, devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio material de origem, como maior resistência ao intemperismo ou composição químico-mineralógica, ou por influência dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos.

Este tipo de solos é constituído por material mineral, ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B.

Os Argissolos representam apenas 1% dos solos da área de pesquisa. São constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico.

O horizonte B textural (Bt) encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, sem apresentar, contudo, os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes dos Luvisolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos.

Grande parte dos Argissolos apresentam um evidente incremento no teor de argila do horizonte superficial para o horizonte B, com ou sem decréscimo nos horizontes subjacentes.

A transição entre os horizontes A e Bt é usualmente clara, abrupta ou gradual. São de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas, e mais raramente, brunadas ou acinzentadas.

A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila daquele para este.

A classe dos Nitossolos, por outro lado, são solos constituídos por material mineral, com horizonte B nítico, textura argilosa ou muito argilosa (teores de argila maiores que 350g/kg de solo a partir do horizonte A), estrutura em blocos

subangulares ou angulares, ou prismática, de grau moderado ou forte, com cerosidade expressiva nas superfícies dos agregados.

Estes solos apresentam horizonte B bem expresso em termos de grau de desenvolvimento de estrutura e cerosidade, com gradiente textural menor que 1,5.

Nos Nitossolos Brunos, admite-se que a superfície dos agregados seja pouco reluzente (superfícies de compressão), mas os perfis devem apresentar aspecto característico de fendilhamento, indicativo de alta expansão e contração pelo umedecimento e secagem do material de solo, pelos altos teores de argila.

Esta classe exclui solos com incremento no teor de argila requerido para a maior parte do horizonte B textural, sendo a diferenciação de horizontes menos acentuada que a dos Argissolos, com transição do A para o B clara ou gradual e entre subhorizontes do B, gradual ou difusa.

São profundos, bem drenados, de coloração variando de vermelho a brunada. Em geral, moderadamente ácidos a ácidos, com argila de atividade baixa ou com caráter alítico, com composição caulínico - oxídica. Quando possuem o caráter alítico apresentam mineralogia da argila com hidróxi - Al entre camadas. Podem apresentar horizonte A de qualquer tipo.

Os Nitossolos abrangem cerca de 14,7% da área de estudo e são constituídos por material mineral, que apresentam horizonte B nítrico abaixo do horizonte A com argila de atividade baixa ou caráter alítico na maior parte do horizonte B, dentro de 150 cm da superfície do solo.

Têm textura argilosa ou muito argilosa (teores de argila maiores que 350g/kg de solo a partir do horizonte A) e relação textural igual ou menor que 1,5.

De modo geral, a Fragilidade Ambiental da área de estudo, referindo-se aos aspectos pedológicos, foi ponderada e tiveram pesos atribuídos, com base nas características dos tipos de solos que a integram. Também se baseou na metodologia de Ross (1994) para estudos integrados do meio.

A variável pluviométrica, outro elemento de suma importância nos estudos integrados da paisagem, foi ajustada conforme a proposta de Crepani (2001) para a região norte do Brasil, sendo, posteriormente, adaptada para a metodologia de Ross (1994).

4.3 Declividades

Conforme apontamento de Santos (2004), a declividade, que influencia no desgaste das rochas e na formação direta dos solos, pode ser conceituada como a inclinação do terreno em relação ao plano do horizonte.

Para esta autora, a declividade é fundamental na avaliação de planejamento ambiental.

Nesse contexto de análise da paisagem, os lugares que apresentam as maiores inclinações do terreno estão mais suscetíveis aos processos erosivos vigorosos, explicados pela morfogenética local.

Na área do presente estudo, as declividades do terreno, mais acentuadas, se localizam ao longo da extensão da Serra do Lajeado, com uma declividade acima dos 30%, conforme pode-se observar na Tabela 4 e na Figura 14.

Os locais situados entre as declividades de 0 a 6% representam cerca de 15,6% da BHRTG e são caracterizadas como terrenos planos.

Já os terrenos situados entre as declividades de 6 a 12% representam cerca de 34,6% da BHRTG e são caracterizadas como relevos Suave Ondulados.

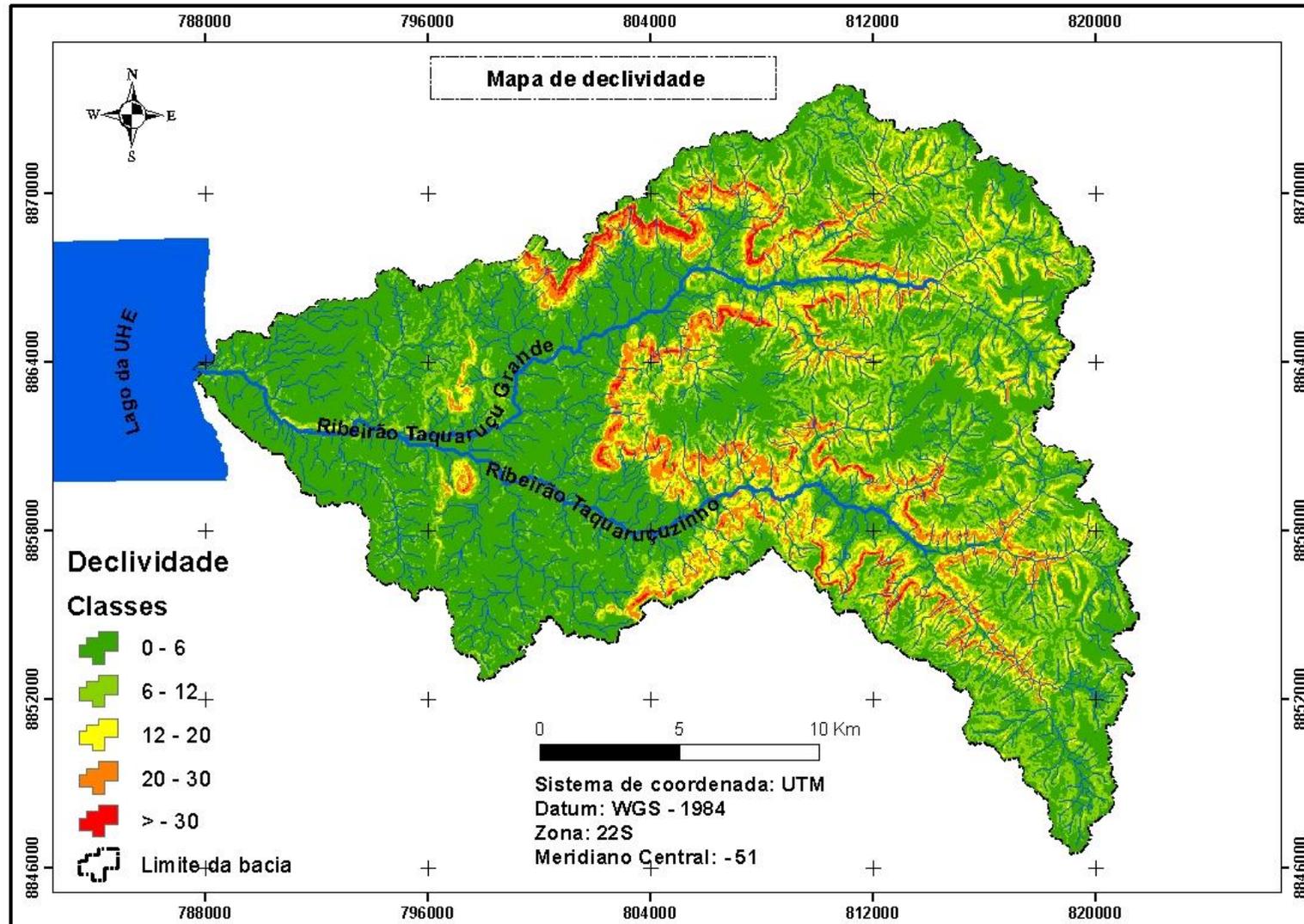
Os locais situados com as declividades entre 12 a 20% representam cerca de 28,1% da área de estudo e são caracterizadas como terrenos Suave Ondulados.

As áreas situadas entre as declividades de 20 a 30% representam cerca de 17,3% da BHRTG e são caracterizadas como terrenos Montanhosos.

Por fim, os locais situados com as declividades > que 30% representam cerca de 4,4% da área de estudo e são caracterizadas como terrenos Forte Montanhoso.

Para a atribuição de pesos as classes de declividades, seguiu-se fidedignamente a proposta de Ross (1994) no que diz respeito a análise integrada do meio. Para tanto, considerou-se a inclinação do terreno onde as classes com maior declividades receberam uma maior nota ou peso.

Figura 14 - Declividade da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande



Edição: Marcelo, D. R. Pereira, 2019

Os aspectos de declividades e a abrangência dos aspectos do terreno, bem como o peso atribuído a este aspecto para identificação e análise da Fragilidade Ambiental na área de pesquisa podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 – Declividade associada ao grau de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande

Classes de declividade	Área (km ²)	Abrangência (%)	Pesos atribuídos
0 - 6	71,33	15,6	1
6 - 12	153,65	34,6	1,5
12 - 20	128,07	28,1	2
20 - 30	78,95	17,3	3
> - 30	19,85	4,4	5
Total	451,83	100	-

Organização: Marcelo D. R. Pereira, 2019

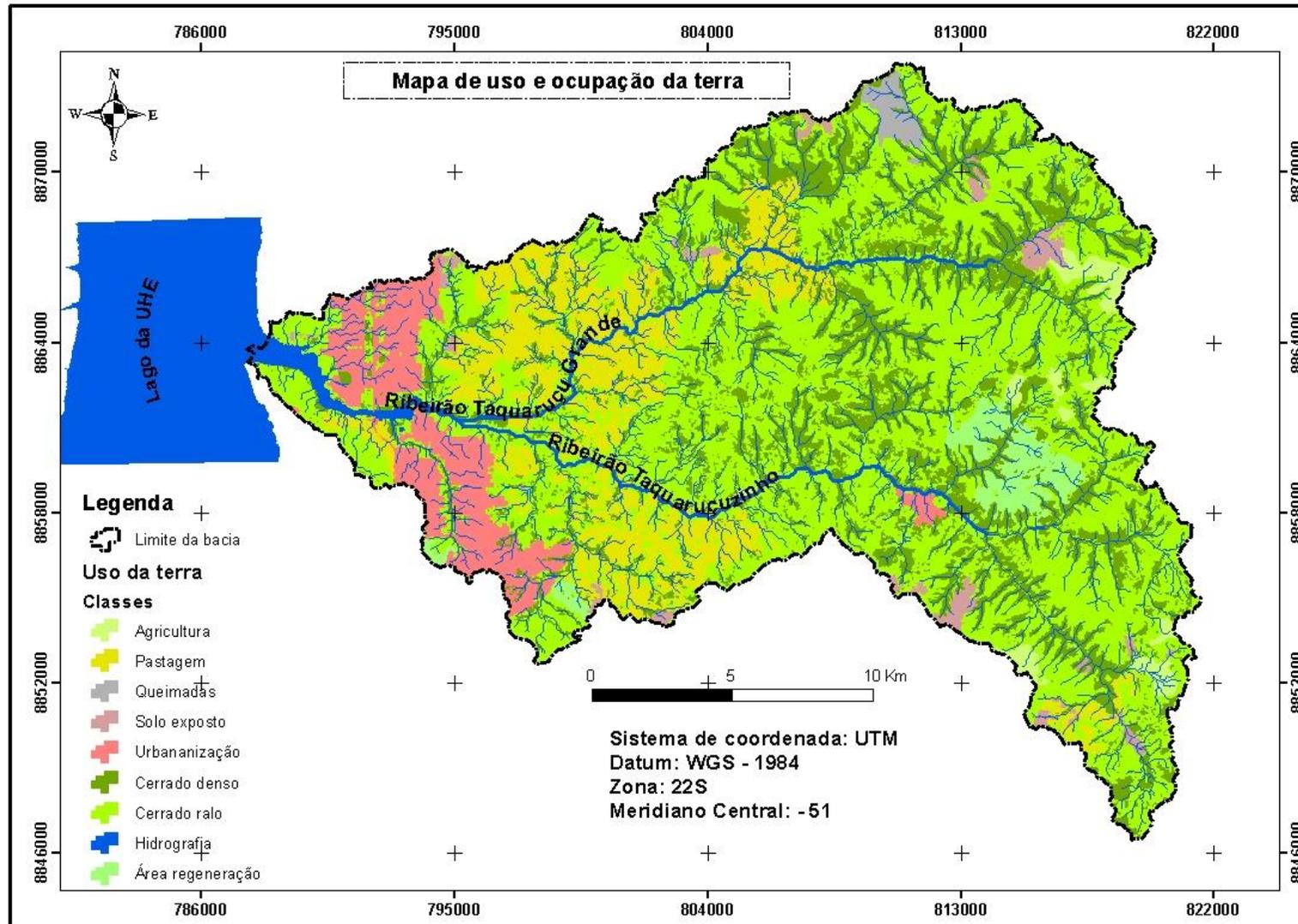
4.4 Uso e Ocupação da Terra

No mapeamento de uso e ocupação da terra na BHRTG foram definidas nove classes temáticas distintas, sendo elas: Agricultura, Pastagem, Urbanização, Solo Exposto, Cerrado Denso, Cerrado Ralo, Queimadas, Áreas em Regeneração e Hidrografia.

No que diz respeito à abrangência de área das classes de uso e ocupação da terra, a classe com maior destaque espacial é constituída pelo Cerrado Ralo ocupando cerca de 50,71% de toda a área de estudo.

No caso desse tipo de fitofisionomia, as representações arbóreas médias ficam entorno de 2 e 4 metros de altura, intercalando com arbustos e gramíneas na sua grande maioria, as quais se adaptam as estações climáticas ao logo do ano, aos ambientes locais e ao tipo de solo.

Figura 15 - Uso e Ocupação da Terra da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande



Edição: Marcelo D. R. Pereira, 2019

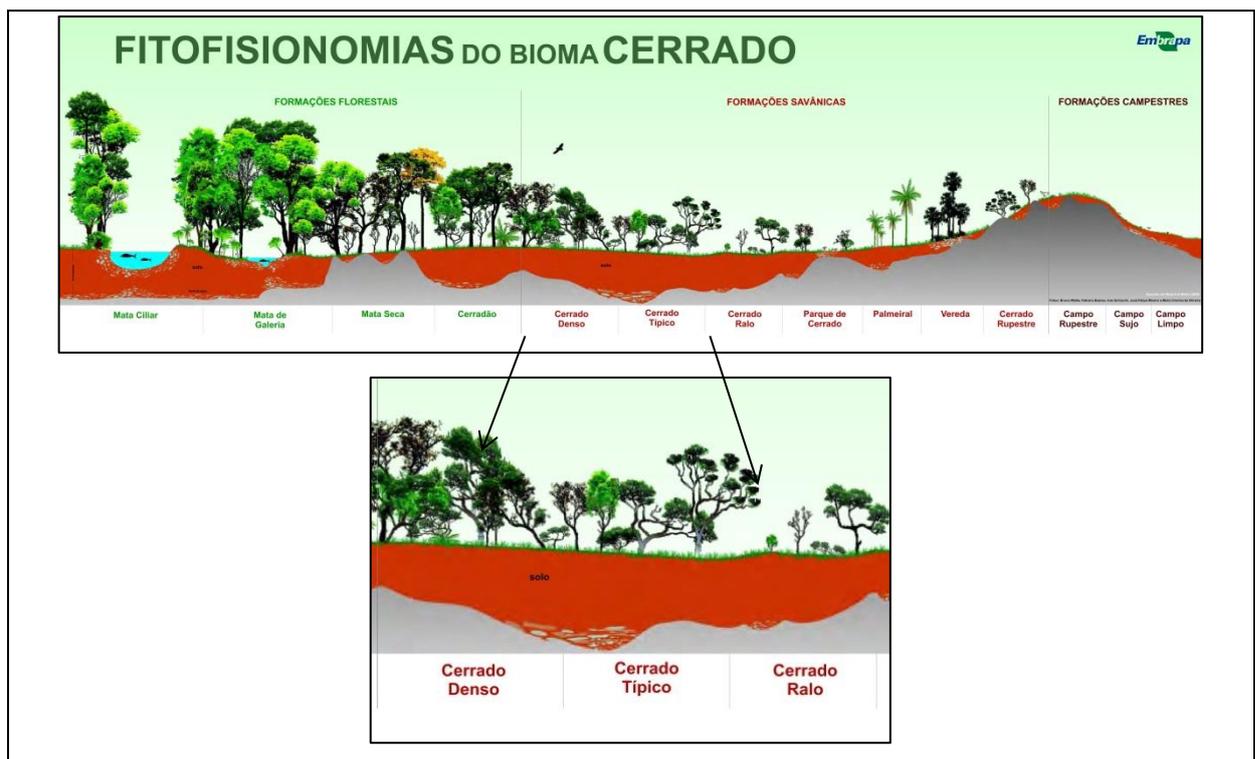
A segunda classe de uso e ocupação da terra, com maior representação na bacia hidrográfica em pesquisa, se refere ao Cerrado Denso que representa cerca de 23,24% da área.

Neste tipo de fitofisionomia pode-se observar o predomínio de vegetação de porte arbóreo adensada recobrendo o terreno.

As fitofisionomias de Cerrado Ralo e Denso podem ser visualizadas na Figura 16, onde estas aparecem representadas em meio às demais fitofisionomias do Cerrado fazendo parte das Formações Satânicas, conforme a EMBRAPA.

Nas Figuras 17 e 18 são destacados seus aspectos naturais, tanto em relevos planos como em relevos acidentados, presentes na área de pesquisa.

Figura 16 – Representação das Fitofisionomias do Cerrado com destaque para o Cerrado Denso e Ralo.



Fonte: <https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/bioma-cerrado>, acessado em 23/02/2019

Figura 17 – Cobertura vegetal de Cerrado Ralo em área de colinas na porção baixa (A) e na porção alta, topo da Serra (B)



Fotografias: Marcelo D. R. Pereira, Maio de 2018

Figura 18 – Cobertura vegetal de Cerrado Denso em área de planície de inundação, na porção baixa (A) e na porção alta, colinas e topo da Serra (B)



Fotografias: Marcelo D. R. Pereira, Janeiro e Maio de 2018 e 2019

A classe de uso e ocupação da terra, relacionada à Agropecuária, que envolve tanto as atividades agrícolas quanto as atividades pecuárias, praticadas na BHRTG, é a terceira maior área de abrangência, em termos de representação espacial, correspondendo a cerca de 14,69% das ocupações da área de pesquisa.

Nesta classe, pôde-se observar o predomínio da Pecuária Extensiva onde o gado bovino encontra-se solto em meio a vegetação campestre (Campos Limpos e Sujos) do Cerrado e com menor expressão, em locais com pastagens plantadas, geralmente em chácaras e sítios da região (Figuras 18A e 18B).

A classe de agricultura aparece como práticas agrícolas de subsistências em pequenas roças, sítios e chácaras, onde podem ser observados diversos plantios como de milho (19A) e mandioca (19B).

Figura 19 – Pecuária com observação do gado bovino (A) em propriedades rurais com pastagens plantadas (B)



Fotografias: Marcelo D. R. Pereira, Maio de 2018

Figura 20 – Práticas agrícolas com pequenas roças de milho (A) e mandioca (B) observadas na área de pesquisa



Fotografias: Marcelo D. R. Pereira, Janeiro e Maio de 2018 e 2019

As classes de uso menos representativas, em termos de abrangência espacial, se referem à Hidrografia, Urbanização, Solo Exposto, Áreas de Regeneração e Queimadas.

A Hidrografia abrange cerca de 0,85% da área de pesquisa e é compreendida pelos cursos fluviais presentes, a exemplo do rio Taquaruçuzinho (Figuras 20A e 20B).

A Urbanização abrange cerca de 5,68% da área de pesquisa e são representadas pela concentração de residências na área urbana de Palmas, bem como no distrito de Taquaruçu, entre outras (Figuras 21A e 21B).

O Solo Exposto abrange cerca de 1,70% da área de pesquisa e é representado principalmente por afloramentos de rochas (Figura 22A), áreas de empréstimos e locais onde houve a supressão da cobertura vegetal para diversas finalidades de uso humano (Figura 22B).

As Áreas de Regeneração abrangem cerca de 2,44% da área de pesquisa e são representadas pelos locais onde encontram-se as cicatrizes de queimadas com a vegetação nativa em recuperação (Figura 23A).

Já a classe de Queimadas abrange cerca de 0,69% da área da BHRTG e são locais marcados pela ação do fogo recente deixando cicatrizes marcantes no terreno e bem visíveis nas imagens de satélites, observadas na área de pesquisa (Figura 23B)

Figura 21 – Visualização de canais fluviais presentes na área de pesquisa, no caso, o Ribeirão Taquaruçuzinho (A e B)



Fotografias: Marcelo D. R. Pereira, Janeiro e Maio de 2018 e 2019

Figura 22 – Urbanização com observação das edificações presentes (A) e em expansão na área de pesquisa (B)



Fotografias: Marcelo D. R. Pereira, Maio de 2018

Figura 23 – Solo Exposto e afloramento rochoso na área de pesquisa (A e B)



Fotografias: Marcelo D. R. Pereira, Janeiro e Maio de 2018 e 2019

Figura 24 - Área queimada recentemente (A) e (B) em estágio regeneração



Fotografias: Marcelo D. R. Pereira, Maio de 2018

De maneira geral, a abrangência espacial das diferentes classes de uso e ocupação encontradas na área de pesquisa, associadas aos pesos atribuídos, conforme suas características podem ser observadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Uso e ocupação da terra associada ao grau de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande

Classes de uso	Área (Km ²)	Abrangência %	Peso Atribuído
Agricultura	7,25	1,60	3,0
Hidrografia	3,85	0,85	-
Área regeneração	10,98	2,44	2,5
Pastagem	59,16	13,09	3,4
Queimadas	3,13	0,69	4,0
Solo exposto	7,65	1,70	5,0
Urbanização	25,69	5,68	3,0
Cerrado denso	105,01	23,24	1,0
Cerrado ralo	229,11	50,71	2,0
Total	451,83	100,00	-

Organização: Marcelo D. R. Pereira, 2019

Cabe destacar que através do mapeamento de uso e ocupação da terra foi possível analisar os elementos que constituem a realidade de uso da bacia hidrográfica em estudo e, conseqüentemente, os locais que apresentam aspectos de Fragilidade Ambiental.

De modo geral, a Fragilidade Ambiental da BHRTG, referindo-se aos aspectos de uso e ocupação da terra, foi ponderada e tiveram pesos atribuídos, de acordo com as características de uso da área. Também utilizou-se como base a metodologia aplicada em estudos integrados do meio, proposta por Ross (1994). Desta forma, foram definidas nove classes temáticas distintas, sendo elas: Agricultura, Pastagem, Urbanização, Solo Exposto, Cerrado Denso, Cerrado Ralo, Queimadas, Áreas em Regeneração e Hidrografia.

4.5 Pluviosidade

A variável pluviométrica empregada na pesquisa resultou de uma adaptação da proposta de Crepani (2001), na qual se considera os índices pluviométricos da região norte do Brasil, no que diz respeito à precipitação média anual, duração do período chuvoso, intensidade pluviométrica e, por fim, os valores/pesos da vulnerabilidade do quesito precipitação. Após esse procedimento, fez-se um ajuste os pressupostos da metodologia desenvolvida por Ross (1994) utilizada na presente pesquisa.

Considerando a escala desse elemento do meio físico, houve um valor padrão para a vulnerabilidade/fragilidade pluviométrica para toda a área da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande.

5 – ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL

Os componentes da paisagem da BHRTG, considerados no estudo, ao serem analisados conjuntamente, possibilitaram a realização de um levantamento das condições da Fragilidade Ambiental.

Essa caracterização das áreas frágeis da bacia em foco, conforme pode ser observado na tabela (6), estão relacionadas com fatores do meio físico, mas principalmente, com características relacionadas aos parâmetros de uso e ocupação da terra, como solo exposto, áreas queimadas, cerrado ralo e atividades agropecuárias. Estas classes receberam maior ponderação na escala de Fragilidade Ambiental.

As áreas constituídas por solo exposto, caracterizadas pela falta de cobertura vegetal, e associadas às maiores inclinações do terreno favorecem o surgimento dos processos erosivos que podem comprometer a estabilidade morfodinâmica da bacia hidrográfica em estudo.

Tais características puderam ser observadas em diversos locais da área analisada, como podem ser observadas nas Figuras 25A e 25B, de trechos distintos da bacia sintetiza o enunciado sobre algumas localidades degradadas.

Figura 25 – Solo exposto e degradação ambiental pela supressão da vegetação surgindo ravinas junto a estrada de terra (A) e em área de empréstimo (B)



Fotografia: Marcelo D. R. Pereira, Janeiro e Maio de 2018 e 2019

Por outro lado, a composição arbórea do Cerrado Denso, pela sua capacidade de proteção do solo e localização geográfica, margens de rios e declividades acentuadas, recebeu menor ponderação na escala de Fragilidade Ambiental.

Nessa perspectiva, conforme Ross (2000), Casseti (1995), Crepani (2001), dentre outros pesquisadores, a vegetação exerce função crucial no que diz respeito à estabilidade ambiental da paisagem.

Segundo o código Florestal (2012):

“Nos topos de morros e montanhas devem ser conservadas todas as áreas com altura mínima de 100m e inclinação média maior que 25 graus, e nas encostas, todas as áreas com declividade superior a 45 graus. Para os tabuleiros ou chapadas, devem ser mantidas as bordas até a ruptura do relevo”.

A representação do Cerrado Denso, e sua importância na conservação ambiental da área de estudo, é marcante, principalmente nos locais onde o processo de ocupação humana é dificultado em função do relevo local como os terrenos com alta inclinação.

Tais terrenos com declividade situadas acima dos 20% são marcantes ao longo da Serra do Lajeado e são de suma importância para a conservação ambiental das nascentes dos Ribeirões Taquaruçu Grande e Pequeno, bem como dos demais cursos de água da bacia hidrográfica em questão.

Considerando que a BHRTG é a principal fonte de abastecimento hídrico da cidade de Palmas, qualquer tipo de dano ou impacto ambiental, em seu arranjo espacial, pode comprometer a dinâmica e função social e ambiental.

Os impactos ou degradação ambiental, ainda que possam ocorrer independentemente das atividades humanas, podem ser influenciados diretamente por estas.

Conforme Cunha e Guerra (2017, p.337-338):

Na realidade, para que o problema possa ser entendido de forma global, holística, deve-se levar em conta as relações existentes entre a degradação ambiental e a sociedade causadora dessa degradação que, ao mesmo tempo, sofre os efeitos e procura resolver, recuperar, reconstituir as áreas degradadas

De maneira geral, observa-se que as atividades humanas de forma indiscriminadas têm potencializado em larga escala os aspectos de Fragilidade Ambiental da área de pesquisa.

Neste sentido, as Figuras 26A e 26B caracterizam trechos de córregos tributários do Ribeirão Taquaruçu Grande em estágio de assoreamento e com represamento clandestino, barramento, no baixo curso da bacia.

Observou-se que tal interrupção ou barramento, no curso do córrego foi realizado visando o desenvolvimento de práticas agrícolas de subsistência, mas que também representa um dano ambiental significativo e demonstra o quanto a área de estudo apresenta locais com altas fragilidades ambientais.

Figura 26 – Represamento (A) e assoreamento (B) na área de pesquisa.



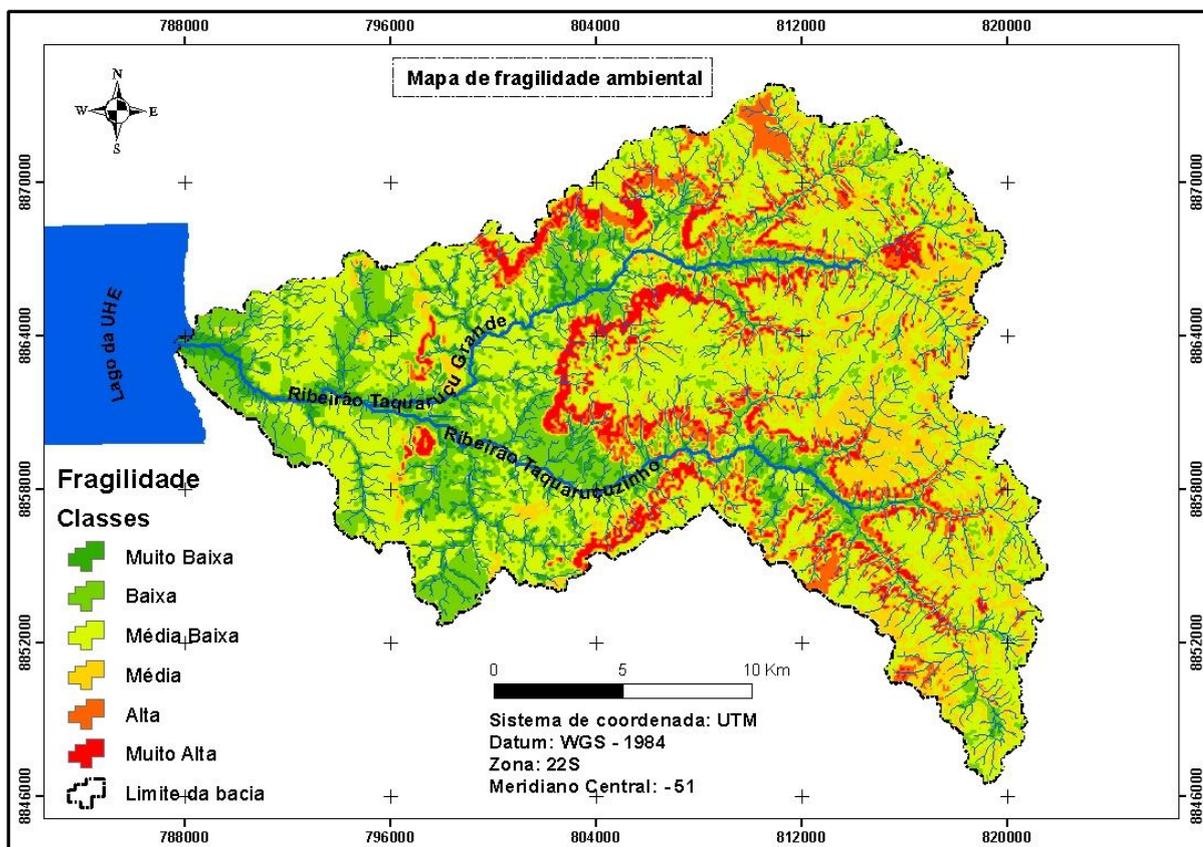
Fotografia: Marcelo D. R. Pereira, Janeiro de 2019

Desta forma, observa-se que o manejo inadequado no processo de uso e ocupação da terra pode comprometer severamente a própria dinâmica hídrica caracterizadora desse tipo de ambiente.

No mesmo sentido, pôde-se perceber vários tipos de degradação ambiental na BHRTG, variando desde ausência de cobertura vegetal ao longo de cursos de água permanentes e temporários, até o desmoronamento de margens, assoreamento e voçorocamentos.

A Figura 27 caracteriza o resultado do cruzamento dos mapas temáticos de geologia, solo, declividade, pluviosidade e uso e ocupação da terra na elaboração do mapa global de Fragilidade Ambiental da área de pesquisa.

Figura 27 - Fragilidade Ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande



Fonte: Marcelo D. R. Pereira, 2019

Assim, através da análise integrada de variáveis que constituem o quadro físico e humano da paisagem estudada, foi possível o desenvolvimento de conhecimentos, mais amplos e homogêneos, no que diz respeito às Fragilidades Ambientais apresentadas no ambiente.

Ainda, conforme pode ser observado conjuntamente, as áreas com maior fragilidade se localizam nos ambientes geológicos do complexo goiano, granito intrusivo e da formação Pimenteira.

Também, associam-se a essas estruturas geológicas as declividades situadas entre 12% a > 30%, caracterizando os ambientes denominados de ondulado e forte ondulado. Esta verificação coincide com as classes de fragilidades denominadas de média, alta e muito alta no conjunto da área em estudo.

A Formação Pimenteira, com mais de 50% de representação espacial da área, sobrepondo os solos do tipo Plintossolos Pétricos Concrecionários, em locais cuja fitofisionomia vegetativa é constituída pelo Cerrado Ralo, associadas a práticas antrópicas Agropecuárias, representam a Fragilidade Ambiental média.

A Tabela 6 está representando o grau de Fragilidade Ambiental da área de estudo onde pode-se observar que 271,68km², o equivalente a 60,13% da área apresenta um grau de fragilidade classificado como Média Baixa e Média.

As classes de fragilidades caracterizadas de Alta e Muito Alta representam uma área com cerca de 60,85km², percentualmente, correspondem a cerca de 13,47% no conjunto da bacia em questão.

As fragilidades denominadas de Muito Baixa e Baixa correspondem a uma área de aproximadamente 119,31km² de área, o equivalente a 26,4% da BHRTG.

Tabela 6 – Fragilidade Ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande

Fragilidade	Área (Km ²)	Abrangência %
Muito Baixa	23,23	5,14
Baixa	96,08	21,26
Média Baixa	208,91	46,23
Média	62,77	13,90
Alta	37,00	8,19
Muito Alta	23,85	5,28
Total	451,83	100,00

Organização: Marcelo D. R. Pereira, 2019

De maneira geral, conforme pode ser observado na Figura 27, a área da bacia hidrográfica em estudo apresenta diferenciações no que diz respeito ao grau de Fragilidade Ambiental.

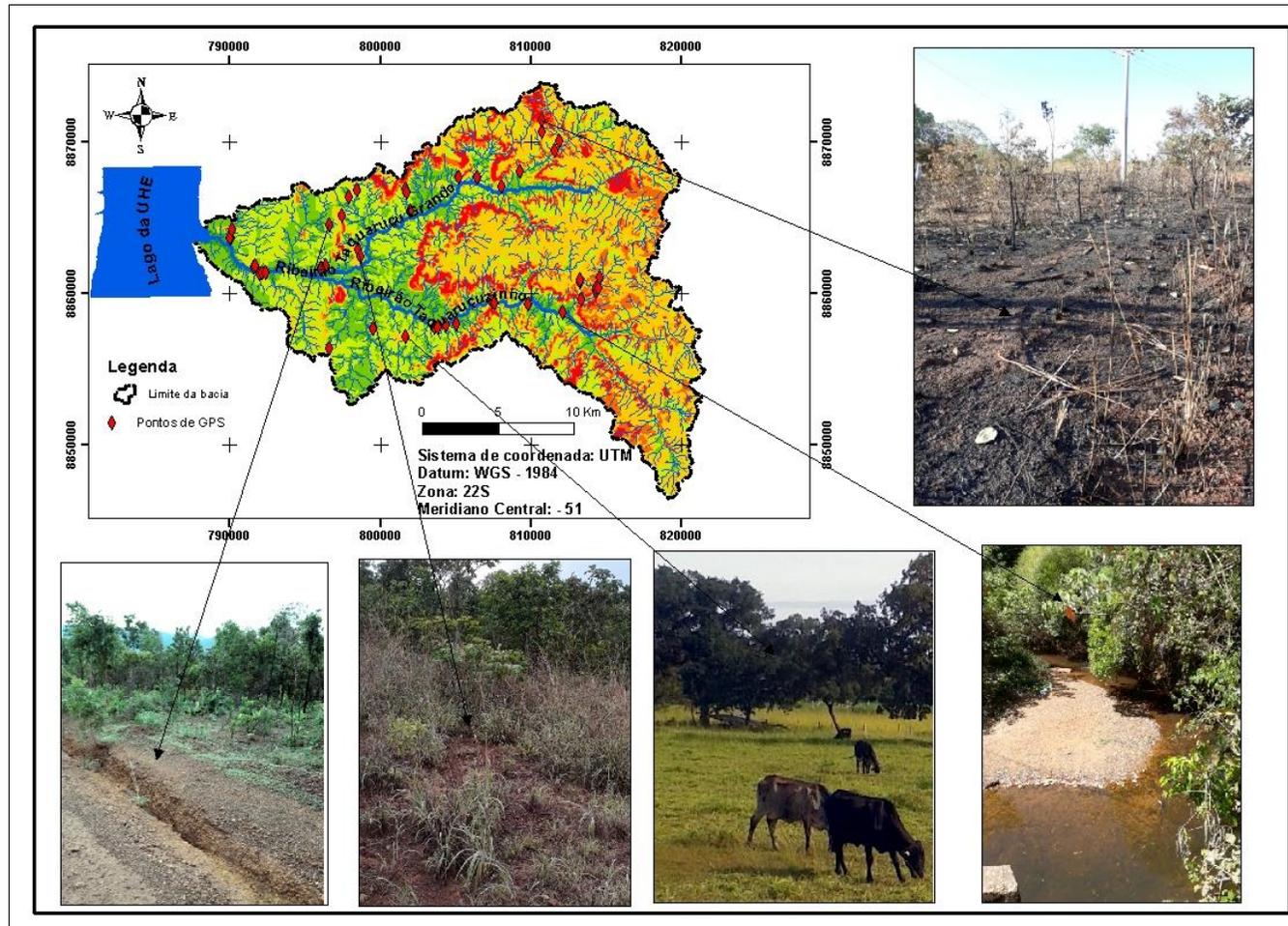
Tal constatação fica evidenciada quando se associa o produto final resultante dos temas de declividade, solo, geologia e uso e ocupação da terra com a vegetação e o relevo predominante na paisagem da BHRTG.

A dinâmica intensa de uso e ocupação da terra da área de estudo, conforme pode-se observar, é uma variável preponderante no que diz respeito à Fragilidade Ambiental da área de pesquisa.

Neste sentido, os locais com Alta e Muito Alta Fragilidade Ambiental, são caracterizados pelos terrenos que apresentam alta declividade (>30%), estrutura geológica da formação Pimenteira, solos pouco desenvolvidos e onde as práticas

humanas são bem marcante nesse tipo de paisagem como as práticas Agropecuárias.

Figura 28 – Pontos com Fragilidade Ambiental na área de pesquisa



Edição: Marcelo D. R. Pereira, 2019

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem integrada da paisagem da BHRTG, ao agregar os temas relacionados às variáveis do quadro físico e humano, permitiu-se o levantamento das áreas que apresentam diferentes graus de Fragilidade Ambiental nesse tipo de paisagem.

Para tanto, observou-se que o emprego das variáveis de solo, geologia, declividade e pluviosidade considerados como fatores físicos, e o fator humano, representado através do mapa de uso e ocupação da terra, foram fundamentais na determinação das áreas de Fragilidades caracterizadas como muito baixa, baixa, média baixa, média, alta e muito alta.

A aplicabilidade de técnicas de Geoprocessamento e do Sensoriamento Remoto no estudo de Fragilidade Ambiental apresentou grande eficácia, uma vez que permitiu o cruzamento em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), dos dados referentes à declividade, solo, geologia, pluviosidade e uso e ocupação da terra para geração do mapa temático de Fragilidade.

Observou-se ainda que as classes de fragilidades média, alta e muito alta, foram influenciadas fortemente pelas variáveis de declividade e uso e ocupação da terra, na área investigada. Desta forma, as classes caracterizadas no mapeamento final, como Alta e Muito Alta, representam uma área com cerca de 60,85km², correspondendo por cerca de 13,47% no conjunto da bacia em questão.

As Fragilidades Ambientais classificadas como Muito Baixa e Baixa, representam uma área de 119,31km², o equivalente a 26,4% da BHRTG, sendo assim uma área significativa.

Ainda, percebeu-se que a maioria dos rios que drenam a BHRTG nascem na Área de Preservação Ambiental – APA Serra do Lajeado, onde se encontram as maiores cotas altimétricas e as maiores Fragilidades Ambientais da área de pesquisa.

Desta forma, considerando a importância desta bacia no atual cenário de abastecimento hídrico da cidade de Palmas, e as características dos processos morfodinâmicos que a mesma vem passando, sugere-se as seguintes medidas de conservação ambiental:

- Recuperação das áreas degradadas nos terrenos que apresentam declividades acima de 12%, onde, geralmente, nascem alguns tributários dos ribeirões Taquaruçu Grande e Pequeno.
- Recuperação das áreas de Preservação Permanentes (APPs) seguida de maior fiscalização por parte do poder público competente.
- Orientação aos usuários diretos da bacia hidrográfica acerca da importância da conservação das áreas que apresentam fragilidades ambientais classificadas entre Alta e Muito alta.
- Priorização no uso do Geoprocessamento e do Sensoriamento Remoto na análise integrada dos componentes físicos e antrópicos que caracterizam a paisagem da área em estudo.
- Buscar um maior envolvimento entre os diferentes atores que usufruem diretamente da bacia hidrográfica em pesquisa e do poder público responsável por ações que visam o uso sustentável da área.

De modo geral, a pesquisa demonstrou sua importância na identificação de áreas com graus de Fragilidades Ambientais diferenciados no conjunto da BHRTG; Tais resultados podem ser considerados como subsídio aos gestores municipal e estadual para tomada de decisões e ações que melhorem a conservação ambiental da bacia hidrográfica em questão.

7. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, F. A. S. **Geomorfologia aplicada à fragilidade e ao zoneamento ambiental** de Caxias/MA. Tese de (doutorado) – Presidente Prudente: [s.n], 2012.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia global. Esboço metodológico.** Universidade de São Paulo, Instituto de geografia, Cadernos de Ciências da Terra, (13). São Paulo-SP, 1972.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico.** Caderno de Ciências da Terra, n. 13, p. 1-27, 1972.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: **Reflexões sobre a geografia física no Brasil.** VITTE, A.C e GUERRA, A. J.T (Org.) Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 282p.

CARMO, M. C. do. **Análise Espacial e Temporal dos Usos da Água:** o Caso da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande, Palmas - TO. 2014. 50f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2014.

CHIESA, V. B. **Aplicabilidade de Modelos Matemáticos na Análise de Processos de Outorga:** o caso da bacia do Ribeirão Taquaruçu. Palmas. TO, 2016. Dissertação (Mestrado).

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia** / Antonio Christofolletti - - São Paulo: Blucher, 1980.

CREPANI, E. M. et al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico.** São José dos Campos - SP: INPE, 2001.

CRISTO, S. S. V. de. **Abordagem geográfica e análise do patrimônio geomorfológico em unidade de conservação da natureza: aplicação na Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins e área de entorno – estados do Tocantins e Bahia.** Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2013.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: **Geomorfologia e Meio Ambiente.** GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B (Org.) Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. 372p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro - RJ: EMBRAPA, 2006.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA -. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos** (Rio de Janeiro, RJ). Súmula

da 10ª. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro: 1979. 83p. (Embrapa-SNLCS. Micelânea, 1).

FITZ, P. R. **Cartografia básica** / Paulo Roberto Fitz. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3ªed. ampl. e atual. – São Paulo: Oficina de Texto, 2011.

LEITE, E. F. **Caracterização, diagnóstico e zoneamento ambiental: O exemplo da bacia hidrográfica do Rio Formiga – TO** / Emerson Figueiredo Leite. – 2011. (Tese de doutorado).

LIRA, E. R. **A gênese de Palmas - Tocantins - A geopolítica de (Re)Ocupação Territorial na Amazônia Legal** / Elizeu Ribeiro Lira. - Goiânia: Kelps, 2011.

LIMA, E SILVA. **Subsídios para avaliação econômica de impactos ambientais**. In: CUNHA, S. B. E GUERRA, A. J. T. **Avaliação e Perícia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2d, p. 217 - 261, 2000. 294p.

LOLLO, J. A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico**: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas. 1995. Tese (Doutorado em Geotécnica) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

MEDEIROS, T. C. C. **Padrões de Campo Sujo Seco da Paisagem da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande** no município de Palmas – TO. (Tese de doutorado). São Paulo – SP: 2013. 268p.

MELLO, J. M. **Adoção de sistema de informação geográfica** / Janine Molinari Mello. ed. – Curitiba, Appris, 2015.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura** / Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. Ed. – São Paulo: Contexto, 2001.

NOVO, E. M. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4ªed. – São Paulo. Blucher, 2010.

OLIVEIRA, E. G. de. **Caracterização dos impactos ambientais na bacia hidrográfica do Espírito Santo/Coari (AM) no período de 1990 a 2010**. 2012. 106f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Ciências Humanas e Letras, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2012.

PADILHA, D. G. **Geoprocessamento aplicado na caracterização da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio Grande-RS** [dissertation] Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria/UFSM; 2008.87 p.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO S. M. e ALMEIDA, S. P. (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF: EMBRAPA/CPAC, 2008.

ROCHA, J. S. M. da. **Manual de Manejo Integrado de bacias hidrográficas**. Santa Maria: UFSM, Universidade Federal de Santa Maria, 1991. 181p.

RODRIGUES, M. **Geoprocessamento: um retrato atual**. Revista Fator GIS, Curitiba: Sagres, ano1, 1993, n2, p.20-23.

RODRIGUES, M. **Geoprocessamento: um retrato atual**. Revista Fator GIS. Curitiba: Sagres, ano 1, 1993, n 2. P.20 – 23.

RODRIGUEZ, J, M. M. **Análise e síntese da abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental**. Revista do Departamento de Geografia da FFLCH/USP. v. 9. São Paulo-SP, 1994.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto/** Roberto Rosa. - 6. ed.- Uberlândia : EDUFU,2007

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

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiente /** Jurandyr Ross. - - São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

SANTOS, A. R.; EUGENIO, F.C.; SOARES, V.P.; MOREIRA, M.A.; RIBEIRO, C.A. A.S.; BARRO, K.K. O. **Sensoriamento remoto no ArcGis 10.2.2 passo a passo: processamento de imagens orbitais**. Alegre: CAUFES, 2014. 107 p.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Texto, 2004.

SCHIRMER, G. J. **Zoneamento Geoambiental da Quarta Colônia - Rio Grande do Sul**. 2015. Tese (Doutorado) / Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SEPLAN. Atlas do Tocantins: **Subsídio ao Planejamento da Gestão Territorial**. Secretaria do planejamento e Meio Ambiente, Superintendência de Pesquisa e Zoneamento Ecológico-Econômico. 6ªed. Palmas: Seplan, 2012.

SILVA, J. X. **Geoprocessamento para análise ambiental**. Rio de Janeiro, 2001.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas**. Instituto de Geografia. USP, São Paulo: Ed. Lunar, 1977.

SOUZA, M. P. **Instrumentos de gestão ambiental**: fundamentos e prática. São Carlos: Editora Riani Costa, 2000. 112p.

SOUZA, M. A. V. **Dinâmica da paisagem na sub-bacia do ribeirão Taquaruçu Grande no município de Palmas – TO**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2006.

SPÖRL. C; ROSS. L. S. **Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos**. GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 15, pp.39-49, 2004.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro - RJ: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 1977, 91 p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. *In: Hidrologia Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: UFRGS/ABRH/EDUSP, Universidade Federal do Rio

Grande do Sul, vol.4, 1993. p. 25 – 33.