

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL – UFMS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS**

MOACIR ADEMILSON STUMPF

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE E EFICIÊNCIA DAS
GEOTECNOLOGIAS PARA MONITORAMENTO E
ESTUDO DA VULNERABILIDADE EM BACIA
HIDROGRÁFICA**

**CAMPO GRANDE – MS
2013**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS
AMBIENTAIS**

MOACIR ADEMILSON STUMPF

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE E EFICIÊNCIA DAS
GEOTECNOLOGIAS PARA MONITORAMENTO E
ESTUDO DA VULNERABILIDADE EM BACIA
HIDROGRÁFICA**

Dissertação apresentada para obtenção de grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, na área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Teodorico Alves Sobrinho.

Aprovada em:

Banca examinadora:

Prof. Dr. Teodorico Alves Sobrinho
Orientador - UFMS

Prof. Dr. Elói Panachuki
UEMS

Prof. Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho
UFMS

Campo Grande, MS
2013

DEDICATÓRIA

A minha querida esposa por ter permanecido ao meu lado, pelo incentivo e até por assumir encargos maiores do que lhe eram devidos, para que eu pudesse levar avante este projeto e, estendendo sua mão amiga em momentos difíceis e também às minhas filhas e genro pela compreensão e apoio.

AGRADECIMENTO

A DEUS, criador e mantenedor, por preservar a minha vida para empreender este processo até sua conclusão e também por colocar em meu caminho pessoas amigas e tão preciosas;

A MINHA FAMÍLIA, especialmente a minha esposa Vera Lúcia Mamedes S. Stumpf, companheira de todas as horas, e filhas Kerelin e Kenelin;

A MINHA MÃE, MEU PAI, a minha SOGRA e SOGRO pelas manifestações de apoio e carinho;

Ao meu ORIENTADOR, Prof. Dr. Teodorico Alves Sobrinho, pelos momentos compartilhados, pelos dias de aulas e trabalhos a campo; companheiro, conselheiro paciente e competente no ensino, muito obrigado. Deus te abençoe;

A todos os professores que fizeram parte deste curso, muito obrigado;

Ao ORIENTADOR no primeiro ano de Mestrado e responsável pelo Laboratório de Geoprocessamento, Prof. Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho, e à Prof^a. Dra. Cláudia Vianna Bachi, COORIENTADORA no 2º ano, meus agradecimentos de uma forma muito especial pela disponibilidade, paciência e compreensão;

AOS COLEGAS de Mestrado e Laboratório de Geoprocessamento da UFMS, Jamil A. A. Anache; Liliane Correa e Edilce Albrez e à Graduanda Jéssyca S. Souza, que compartilharam comigo esses momentos de aprendizado e de muitas trocas de favores;

AOS PARCEIROS deste estudo, à Prefeitura de Campo Grande – MS; ao Secretário de Meio Ambiente, Engº Marcos Antônio Moura Cristaldo; ao Chefe de Divisão, Engº Ivan Pedro Martins, e ao Servidor Público, Biólogo Marcos Andrey Alves Meira, pela disposição em ajudarem no que deles dependesse, fornecendo imagens de satélite e arquivos para poder criar o modelo e chegar à conclusão da pesquisa.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela bolsa de estudo concedida.

E, FINALMENTE, ao término desta tese, sinto-me um privilegiado por ter tido tantos colaboradores, que se tornaram amigos e que sempre serão lembrados com muito carinho pela maneira como cada um, ao seu jeito, contribuiu para que mais este degrau fosse alcançado na busca do conhecimento.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	6
LISTA DE TABELAS.....	7
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	8
RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1. Objetivo Geral.....	14
2.2. Objetivos Específicos.....	14
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	15
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
4.1. Área de Estudo.....	25
4.2. Critérios Adotados.....	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
6. CONCLUSÃO.....	48
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
8. APÊNDICE.....	54
9. REGISTROS FOTOGRÁFICOS.....	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização geográfica da bacia do Guariroba.....	25
Figura 2 – Equação para gerar a carta de vulnerabilidade.....	32
Figura 3 – Escala de vulnerabilidade.....	33
Figura 4 – Carta geológica da bacia do Guariroba.....	34
Figura 5 – Carta de pesos atribuídos para geologia.	35
Figura 6 – Carta da pedologia de solos da bacia do Guariroba.	36
Figura 7 – Carta de pesos atribuídos para solos.	37
Figura 8 – Carta da declividade da bacia do Guariroba.	38
Figura 9 – Carta de pesos atribuídos para declividade.	39
Figura 10 – Carta da vegetação, uso e ocupação do solo da bacia do Guariroba.....	40
Figura 11 – Carta de pesos para uso e ocupação do solo.	41
Figura 12 – Carta de vulnerabilidade ambiental da bacia do Guariroba.....	43
Figura 13 – Carta das microbacias do Guariroba com sua vulnerabilidade.....	44
Figura 14 – Carta de vulnerabilidade comparada com fotografias.....	47

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Nomenclatura de Cobertura do Solo elaborada pelo Projeto Corine e mantida por (Heymann et ali,1994). Adaptada às classes existentes na bacia.....	19
TABELA 2 – Escala de vulnerabilidade para a geologia da bacia.	27
TABELA 3 – Classe de solos e pesos de vulnerabilidade.....	28
TABELA 4 - Descrição das classes de declividade e suas características.	29
TABELA 5 – Pesos e categorias do uso e ocupação do solo da bacia do Guariroba.....	29
TABELA 6 – Classes de vulnerabilidade ambiental.....	45

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AHP	Analystic Hierarchy Process ou Processo Analítico Hierárquico.
ANEEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica.
APA	Área de Preservação Ambiental.
ArcGIS	Software de Geoprocessamento Produzido pela ISRI.
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.
ESRI	Environmental Systems Research Institute.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
ISO	International Organization for Standardization.
JUSBRASIL	Site de Notícias Jurídicas e afins.
K1b	Grupo SÃO BENTO.
K1bsg	Formação Serra Geral.
K2	Grupo Bauru.
K2c	Formação Bauru.
La	Terra com Água Rio permanente.
LVd	Latosolo Vermelho Distrófico.
NASA	National Aeronautics and Space Administration.
Pe	Pastagem extensiva.
PI	Plano de Informação.
PMCG	Prefeitura Municipal de Campo Grande.
RADAM	Projeto de cobertura com radar em avião do Território Nacional.
RGB	Código de Cores em inglês: Red, Green, Blue.
RQg	Neossolo Quartzarênico hidromórficos.
RQo	Neossolo Quartzarênico Órtico.
SGA	Sistema de Gestão Ambiental.
SIG	Sistema de Informação Geográfica.
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission.
Tas	Terra Agrícola: Silvicultura – Maciço florestal homogêneo de Eucalipto.
TCA	Terra com Agua Reservatório, Lagoas e Açude.
TFc	Mata Ciliar.

TFca	Cerradão Arbustivo.
TFd	Cerradão Denso.
TFg	Mata de Galeria.
TM/ETM+	Enhanced Thematic Mapper Plus(Sensor de satélite de mapeamento melhorado).
TU	Terra Úmida.
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande-PB.
UFMS	Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.
UNIDERP	Universidade Anhanguera.
USP	Universidade de São Paulo- SP.
UTM	Projeção Universal Transversal do Mercator.

RESUMO

STUMPF, M.S. (2013). *Avaliação da viabilidade e eficiência das geotecnologias para monitoramento e estudo da vulnerabilidade em bacia hidrográfica. Campo grande, 2013. 56p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.*

Este estudo tem por base a bacia hidrográfica da Área de Preservação Ambiental (APA) do Guariroba, que tem cinco principais cursos hídricos e a vegetação predominante é o cerrado *lato sensu*. Para melhor identificar a forma de preservação e ocupação da bacia, é preciso conhecer a sua vulnerabilidade. A proposta é avaliar a viabilidade e a eficiência do emprego das geotecnologias para o monitoramento e o estudo da vulnerabilidade ambiental em bacia hidrográfica. Através do cruzamento dos temas geologia, uso e ocupação do solo, declividade e tipo de solo foram elaboradas as cartas de vulnerabilidade para cada um dos temas. Por meio do banco de dados SIG e da operação *overlay*, os temas foram sobrepostos para a construção da carta de vulnerabilidade ambiental final; a atribuição dos pesos deu-se com base na aplicação da álgebra de mapas. Como resultado, verificou-se que a vulnerabilidade ambiental predominante na APA do Guariroba é de 99,17% vulnerável, assim distribuída: baixa a média, 11,74%, média, 35,30% e alta 52,13%; os resultados de vulnerabilidade ambiental alcançados condizem com a realidade a campo. A geotecnologia é viável pela precisão e facilidade na identificação das áreas degradadas e de difícil acesso, pelos custos menores, pela rapidez dos resultados e pela necessidade de constante monitoramento dos solos, das reservas, das matas ciliares, da qualidade das águas superficiais e dos reservatórios. A geotecnologia mostrou ainda que é possível se obterem esses dados e ainda manter o histórico da área como parâmetro para ações de desenvolvimento local e de ocupação sustentável, possibilitando que informações geográficas das áreas estejam disponíveis para melhor administrar a bacia hidrográfica. Conclui-se que aproximadamente 87,43 % da bacia hidrográfica é de característica Moderadamente Estáveis Vulnerável e Moderadamente Vulneráveis.

PALAVRA CHAVE: Geoprocessamento, Monitoramento, Risco Ambiental.

ABSTRACT

STUMPF, M.S. (2013). *Evaluation of viability and efficiency of geotechnology for the monitoring and study in watershed vulnerability. Campo grande, 2013. 56p. Master Dissertation –Federal University of Mato Grosso do Sul, Brazil (in Portuguese).*

This study is based on the watershed of Environmental Preservation Area (EPA) of Guariroba, which has five major water courses and the predominant vegetation is the Brazilian interior *lato sensu*. To identify the best way of basin preservation and occupation, it is necessary to know their vulnerability. The proposal is to evaluate the feasibility and efficiency of the geotechnology use for monitoring and study of environmental vulnerability in the watershed. Through the crossing of geology topics, use and soil occupation, slope and soil type were drawn up the chart of vulnerability for each subject. Through the SIG database and *overlay* operation, the themes were overlaid in order to construct the final chart of environmental vulnerability; the attribution of weights was based on the algebra maps application. As a result, it was found that the EPA's Guariroba environmental vulnerability predominant is 99.17% vulnerable, distributed as: low to medium, 11.74%, medium, 35.30% and high 52.13%; the achieved environmental vulnerability results combine with the field reality. The geotechnology is feasible for accuracy and ease identification of degraded areas with difficult access by lower costs, for the speed of the results and the need for constant soils monitoring, reserves, riparian forests, the quality of surface water and reservoirs. A geotechnology also showed that it is possible to obtain these data and still maintain the history of the area as a parameter for local development actions and sustainable occupation, allowing geographic information of the areas being available to those who seek to better manage the watershed. We conclude that approximately 87.43% of watershed characteristics is Moderately Stable Vulnerable and Moderately Vulnerable.

KEY WORD: Geoprocessing, Monitoring, Environmental Risk.

1. INTRODUÇÃO

A geotecnologia apresenta grande potencial para a agricultura, a pecuária e as áreas urbanas, com aplicações na geologia, nos recursos hídricos, nos índices de vegetação, no monitoramento de seca e queimadas, na previsão de safra agrícola e no estudo de bacias hidrográficas, Liu (2007). O estudo de uma bacia hidrográfica é importante porque ela está inserida num sistema ambiental que possui áreas a serem preservadas e outras a serem conservadas. Esses sistemas ambientais são critérios que envolvem a natureza, buscando sua preservação e sustentabilidade.

Preservacionismo e conservacionismo são ideologias surgidas no século XIX nos Estados Unidos. Segundo Araguaia (2012), preservação é a proteção da natureza sem considerar seu valor econômico, sendo o homem a causa da degradação. Preservar, portanto, é proteger de forma intocável, sem interferir, explorar e consumir. E conservação é o ato de tornar-se gestor, fazendo o uso de forma racional, com manejo criterioso. O conservar para desenvolver deve ter como base a sustentabilidade, buscando sempre a redução do uso da matéria prima, o uso da energia renovável, o equilíbrio social e o respeito pela biodiversidade ambiental, classificando como áreas de preservação e monitoramento aquelas com ecossistemas frágeis. Para a sustentabilidade, buscar um modelo de desenvolvimento que garanta qualidade de vida hoje, sem destruir o meio ambiente e os recursos necessários para as gerações futuras.

Dependendo da forma de ocupação, do manejo do solo, do relevo, das redes de drenagem e da vegetação, a bacia hidrográfica pode apresentar maior ou menor grau de suscetibilidade. A sustentabilidade dos recursos hídricos, do solo, da vegetação e dos animais depende do conhecimento e do diagnóstico correto da área.

Neste trabalho, tomou-se como estudo de caso a bacia hidrográfica da Área de Preservação Ambiental (APA) do Guariroba. Atualmente, mais de 82% do território da APA possui aptidão para a pecuária, ocupada por pastagens cultivadas. Historicamente se observa que aos poucos ocorreu a substituição da vegetação natural por pastagens cultivadas, associadas a determinadas situações em que o manejo do gado e do solo não é compatível com a capacidade de suporte ambiental, gerando impactos expressivos na bacia, sobretudo nos processos erosivo e de assoreamento dos corpos d'água naturais e do Reservatório do Guariroba. A bacia possui relevo com colinas muito amplas e planícies fluviais, declividade de 2 a 15%, como unidades geológicas, a Formação Serra Geral e o

Grupo Bauru, originando os solos: Neossolo Quartzarênico Hidromórfico, Neossolo Quartzarênico Órtico e Latossolo Vermelho Distrófico. A área tem cinco significativos cursos hídricos principais, e o destaque hidrológico da bacia é a represa instalada no córrego principal que dá origem ao nome da bacia e é importante produtora de água potável para Campo Grande – MS, com vazão explorada, na foz, de $4.433 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$. A vegetação predominante é o cerrado *lato sensu*.

A vulnerabilidade da bacia do Guariroba é entendida pela resistência ao sistema em que está inserida, pelo quanto suporta de intervenção sem sofrer alterações do seu estado e sem perder a condição de resiliência, capacidade de se recuperar (Santos et. al. 2007).

Identificar a vulnerabilidade de uma bacia hidrográfica é importante para a preservação da região. Atualmente a geotecnologia tornou-se ferramenta eficiente e capaz de identificar grandes áreas através de imagens de satélite e de fotografias aéreas. O processo de diagnóstico tende a ser econômico e com resultados mais rápidos a cada ano.

Ao oferecer, na forma de banco de dados dos sistemas de informações geográficas (SIG), por meio das cartas geradas, material para promover as ações de recuperação, ocupação e preservação ambiental, monitoramento dos níveis de degradação de solo, pastagens, agriculturas e corpos hídricos, a geotecnologia torna-se uma ferramenta importante e eficiente na execução dos projetos do plano de manejo e da ocupação sustentável da bacia.

O conhecimento da área e a sua análise ambiental contribuem tanto para o encaminhamento de propostas que viabilizem a compreensão das questões ambientais como para a solução dessas questões.

A proposta deste trabalho é avaliar a viabilidade e a eficiência do emprego das geotecnologias para o monitoramento e o estudo da vulnerabilidade ambiental em bacia hidrográfica. Considerando a importância do tema, a bacia do Guariroba foi escolhida pela influência ambiental, social e política que exerce sobre o Município de Campo Grande - MS.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a viabilidade e a eficiência do emprego da geotecnologia no monitoramento e estudo da vulnerabilidade ambiental em bacia hidrográfica.

2.2. Objetivos Específicos

- Usar geotecnologias e informações geradas para diagnosticar os problemas ambientais e monitorar a bacia Hidrográfica;
- Desenvolver um banco de dados SIG, como ferramenta para pesquisa e estudo da bacia hidrográfica.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Os estudos geológicos de Mato Grosso do Sul mostram que a bacia do Guariroba possui duas unidades geológicas: a Formação Serra Geral e o Grupo Bauru, dando origem aos solos Neossolo Quartzarênico Hidromórfico, Neossolo Quartzarênico Órtico e Latossolo Vermelho Distrófico.

Litologias do Grupo Bauru: Arenitos de finos a médios, arroxeados, com estratificações cruzadas; ocupa cerca de 95% da área, com cerca de 5% para a Formação Serra Geral da Era Mesozóica, Período Juro-Cretáceo. O Grupo São Bento com a litologia: Efusivas básicas toleíticas, com basaltos maciços e amigdaloides afaníticos, de cinzentos a pretos (Lacerda Filho et al 2006).

Com base no tipo de formação geológica, composição das rochas dos grupos de origem e características do relevo originaram-se os seguintes solos: Neossolo Quartzarênico Hidromórfico, Neossolo Quartzarênico Órtico e Latossolo Vermelho Distrófico com textura média de argila.

O destaque hidrológico da bacia do Guariroba é a represa, instalada no córrego principal que dá origem ao nome da bacia e é importante produtora de água potável, representando 51% do fornecimento de água para Campo Grande – MS (JUSBRASIL 2010). A vegetação predominante é o cerrado *lato sensu*.

A degradação dos solos e das pastagens e a dificuldade da reversão dos sistemas ambientais apresentam-se de formas diferentes para os técnicos, para os ambientalistas e para os produtores. Temos dois fatos a serem observados aqui: as ações de manejo, que se dão por meio de práticas culturais de correção de solo e de adubação antes mesmo do início do processo de degradação, e o elevado custo da recuperação, segundo Bungenstab (2012). O monitoramento deve ser um processo contínuo e perseverante por parte dos produtores, diminuindo os custos da recuperação.

Os sistemas ambientais são os critérios que englobam a natureza, buscando sua preservação e sustentabilidade. Os aspectos de maior interesse são os solos, as águas e as vegetações, segundo Hurtubia (1980). A gestão dos sistemas ambientais é a administração desses recursos renováveis sem reduzir a capacidade de produtividade, com sustentabilidade e qualidade ambiental.

A Norma da *International Organization for Standardization* (ISO), ISO 14000, é responsável pela certificação dos Sistemas Ambientais sobre as indústrias, e a ISO 14001,

pelo Sistema de Gestão Ambiental (SGA) nas empresas. A norma inclui estrutura organizacional, atividades de planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para implementar, desenvolver, programar, atingir, analisar criticamente e manter a política ambiental. O SGA estabelece a efetivação da proteção ambiental, e é por meio da Política Ambiental e da Análise das Falhas Ambientais da empresa que serão estabelecidos os objetivos ambientais que ela há de perseguir. Os estragos causados ao meio ambiente alertam para a compensação ambiental adequada e sustentável, com o objetivo de se atingir melhorias no desempenho ambiental global de acordo com a política ambiental da organização ABNT (2005).

A Gestão Ambiental pode ser Pública ou em forma de Corporativa, que envolve indústria, comércio, agricultura, pecuária, corpos hídricos, rios, parques, reservas, matas ciliares e áreas de preservação permanente. Para todas as situações é preciso incluir planejamento, pesquisa e estudo. O monitoramento, quando feito diretamente a campo que envolva grandes áreas, pode tornar-se inviável pelos custos e pelo tempo que levaria para um diagnóstico completo. Nesse contexto, o SIG, por meio da geotecnologia, com os diversos *softwares* gratuitos disponíveis, torna os projetos viáveis e a custos menores, com resultados rápidos e eficientes. Com a parceria das estruturas organizacionais públicas e privadas, bem como das instituições não governamentais e das associações e com o uso das ferramentas da geotecnologia é possível identificar sistemas como: áreas degradadas, construção de obras civis e públicas, aproveitamento dos recursos hídricos, vegetação e minerais e fazer a prevenção de riscos ambientais, apontando soluções em face do desafio do desenvolvimento sustentável para os problemas ambientais e as demais condições do todo da bacia, Bitar et al (2000).

Quando acontece algum tipo de intervenção ou desordem no meio ambiente, este pode responder de diferentes formas, dependendo da característica do local; cada parcela de uma determinada região tem condição ambiental peculiar e, dependendo do seu tamanho, a intervenção pode trazer efeitos adversos e fora do controle, ou mesmo irreversíveis. A condição chama-se Vulnerabilidade. Daí que mensurar as características de um local entre a intervenção e os efeitos contrários é medir a vulnerabilidade dessa área. A vulnerabilidade é, portanto, a resistência ao sistema em que a região está inserida e o quanto essa região suporta de intervenção sem sofrer alterações do seu estado e sem perder a condição de resiliência, capacidade de se recuperar; uma área com baixa resiliência torna-se vulnerável. Santos et. Al. (2007).

Para determinar a vulnerabilidade, Ribeiro & Campos (2007) associaram as classes temáticas com as classes de uso e ocupação do solo, e os temas são: mata nativa, reflorestamento, água, cultura anual, cultura perene, pastagem, várzea e cidade. Com essa composição, os autores elaboraram o mapa de uso e ocupação do solo, tomando como base o procedimento utilizado para a com posição do mapa de vulnerabilidade. Entretanto, comparando-se os pesos de vulnerabilidade, verifica-se que há diferenças nos pesos indicados no projeto de vulnerabilidade desenvolvido em relação aos sugeridos por Crepani et al (2001).

O estudo da vulnerabilidade, pela sua orientação em determinado território, possibilita a identificação das áreas e os possíveis impactos ambientais. Quando gerados os resultados e elaboradas as propostas, são estas voltadas para o melhor aproveitamento e a sustentabilidade dos biomas de cada sistema ambiental, o que se constitui numa ferramenta importante para o planejamento ambiental e a organização territorial (Grigio, 2003).

Autores como Tricart (1977), Crepani (2001) e Nascimento & Dominguez (2009) propuseram metodologias diferenciadas para estimar a vulnerabilidade natural e ambiental, o que resultou na capacitação de técnicos para a elaboração do Zoneamento ecológico econômico e a geração de cartas de vulnerabilidade natural à perda de solo como subsídio para a implantação das Políticas Públicas e recuperação de áreas degradadas.

Outra proposta para o tema Geomorfologia é sugerida por Ross (1994). Como referencial morfométrico, a Matriz dos Índices de Dissecção, a Cobertura Vegetal e o Uso e Ocupação do solo determinam o grau de vulnerabilidade, estabelecendo uma hierarquização dos graus de proteção aos solos pela cobertura vegetal.

Conforme Sousa (1999) a cobertura vegetal assume um papel importante na proteção do solos diminuindo os processos de erosivos e a sua vulnerabilidade, evitando solos degradados.

As pesquisas de Nascimento & Dominguez (2005, 2009) deram origem a índices de vulnerabilidade ambiental a partir da integração das características geológicas (tempo geológico e fragilidade), de solos (maturidade pedogenética), declividade (variação de declividade), uso e ocupação do solo e vegetação (proteção da paisagem e biodiversidade da biota). Para cada diferente feição de mapeamento foram atribuídos pesos de 1 (menos vulnerável) a 5 (mais vulnerável).

Os autores desenvolveram a classificação dos Níveis de Hierarquia da Vulnerabilidade dos Comportamentos Pluviométricos, classificando-os em graus de sensibilidade: 1 – Muito Baixa; 2 – Baixa; 3 – Média; 4 – Alta e 5 Muito Alta.

Conforme o Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental dos Mananciais do Córrego Guariroba – APA do Guariroba –, as imagens Ikonos, de setembro de 2006, foram parte integrante do banco de dados geográfico, com as informações espacializadas e apresentadas na forma de Mapas Temáticos na escala 1:50.000. As curvas topográficas distantes 40 metros uma da outra foram digitalizadas, conforme a base topográfica disponível (DSG/IBGE) na escala 1:100.000; a base topográfica na escala 1:100.000 foi ampliada para escala 1:50.000. Guariroba (2010).

Segundo Crepani et al (2001), o mínimo necessário para uma carta de vulnerabilidade natural à perda de solo é: imagem de satélite; relatório do Projeto RADAM (1982); mapas temáticos na escala 1:1.000.000, ou escala maior, que resultarão em trabalhos mais detalhados e de conclusões melhores; e dados históricos de pluviometria, obtidos em postos pluviométricos da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Para o estudo da vulnerabilidade ambiental na análise e interpretação das imagens de Satélite, pode-se usar imagem Landsat TM/ETM⁺.

O Projeto Corine (Coordination of information on the environment), (1992) e Heymann et ali (1994), firmado pelos países da Comunidade Europeia em 1985, foi um projeto de Cobertura do Solo cujo objetivo era criar uma base de informações geográficas da cobertura dos solos para os países membros da comunidade. As informações deveriam ser homogêneas e comparáveis entre todos os países envolvidos e com a possibilidade de atualização periódica. Três elementos do projeto de Cobertura dos Solos são determinados pelo tipo de informação desejada (Heymann et ali, 1994): 1) A escala de mapeamento usada; 2) A definição da unidade de área e o tamanho da menor unidade; e 3) A nomenclatura da cobertura dos solos. Para a nomenclatura Corine, o projeto compreende 3 níveis. Para determinar a vulnerabilidade ambiental da bacia do Guariroba, o mapeamento chegou ao Nível 3 que, por ser compatível com a escala de estudo deste, é o melhor, considerando-se que é compatível com a escala de 1:100.000 e com a menor área mapeável de 0,25 km².

Somente foram descritos os níveis que se aplicam a este estudo, discriminados e subdivididos em três, conforme Tabela 1:

TABELA 1 – Nomenclatura de Cobertura do Solo elaborada pelo Projeto Corine e mantida por Heymann et ali (1994). Adaptada às classes existentes na bacia.

Nível 1:	Nível 2	Nível 3
1. - Superfícies Artificiais	(Não foi Considerada para este estudo, área insignificante ou não se manifestou na bacia)	
2. - Áreas Agrícolas;	2.1. – Terra arada; 2.2. – Culturas permanentes; 2.3. – Pastos; 2.4. – Áreas agrícolas heterogêneas.	2.3.1. – Pastagens; 2.4.3. – Terra ocupada principalmente por agricultura, com áreas significativas de vegetação natural; 2.4.4. – Áreas agro florestais.
3. - Florestas e áreas seminaturais;	3.1. – Florestas; 3.2. – Vegetação arbórea arbustiva e /ou vegetação herbácea associada; 3.3. – Espaços abertos com pouca ou nenhuma vegetação.	3.1.1. – Floresta latifoliada; 3.1.2. – Floresta de Coníferas; 3.1.3. – Floresta mista; 3.2.1. – Pradaria natural; 3.2.2. – Vegetação arbustiva; 3.2.4. – Área com vegetação arbustiva em evolução. 3.3.3. – Área com vegetação esparsa; 3.3.4 Área Queimada.
-		
4. - Zonas Úmidas	(Não foi Considerada para este estudo, área insignificante ou não se manifestou na bacia)	
5. – Corpos Aquosos.	5.1. – Águas continentais;	5.1.1. – Cursos de água; 5.1.2. – Corpos de água.

Fonte: Paranhos Filho, et al. 2008.

O Mapeamento de vulnerabilidade ambiental, que utilizou o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) proposto por Silva & Nunes (2009), baseia-se na análise integrada do ambiente, abordando a região como sistemas compostos por múltiplas variáveis que se inter-relacionam entre si e com outros sistemas. Foi utilizada a estrutura lógica de análise e integração AHP, método desenvolvido inicialmente por Saaty (1980) e que consiste na criação de uma hierarquia de decisões composta por níveis hierárquicos que permitam uma visão global das relações inerentes ao processo.

Para estabelecer a importância relativa de cada fator da hierarquia são elaboradas matrizes de comparação para cada nível, em que os resultados das matrizes são ponderados. A ponderação tem como objetivo avaliar uma em relação à outra, incluindo expressões para cálculo da vulnerabilidade entre si. O processo de decisão utilizado desenvolve-se em seis etapas, agrupadas em três estágios:

Primeiro Estágio - Estruturação da Hierarquia de Decisão: Etapa 01- Estruturação da hierarquia: é a influência da hierarquia mútua e de um grupo com relação a outro grupo, e está dividida em 3 níveis: nível 1 – a definição de Vulnerabilidade; nível 2 – Planos de Informações (PIs), Vegetação, Uso e Ocupação do Solo, Declividade e Área Legal; nível 3 – as feições mapeadas de cada PIs correspondentes ao segundo nível.

Segundo Estágio - Construção da Matriz de Comparação Pareada: Etapa 02 - Construção da matriz; etapa 03 - Verificações de consistência; etapa 04 - Definir o valor da importância relativa (peso) de cada fator.

Terceiro Estágio - Priorização das Alternativas e Definição das Classes de Vulnerabilidade: etapa 05 - Priorização das alternativas; etapa 06 - Classificação final. Este estágio é o último do processo de decisão utilizando o método AHP. Nesta etapa os auto vetores, notas e pesos, resultantes das matrizes de avaliação são utilizados para compor a classificação final, ou seja, o (PI) resultante do cruzamento dos três PIs mapeados, refletindo neste a vulnerabilidade ambiental da área estudada. O resultado deste cruzamento é o PI de Vulnerabilidade Ambiental, fruto da análise integrada do ambiente, abordando a região como um sistema composto por múltiplas variáveis que se inter-relacionam entre si e com outros sistemas. O PI de Vulnerabilidade Ambiental obteve pesos variando entre a ausência de peso, menor e o máximo de vulnerabilidade para os pesos resultantes maiores, conforme Silva & Nunes (2009).

Para o mapa temático da geologia da área, a metodologia de Oliveira et al (1999) foi importante como comparativo, mesmo com a existência de dados atuais, pois a

sistemática é muito semelhante. Com os dados digitalizados no formato analógico, os mapas geológicos e o mapa de solos importados com formato *raster* e depois editados matricialmente, foi feita a correção das unidades de solo conforme o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, com as informações de Geologia da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2006).

Nas unidades territoriais básicas, com suas características morfodinâmicas, segundo a metodologia dos princípios da Ecodinâmica proposta por Tricart (1977), essas categorias ambientais, a metodologia e os princípios propostos podem ser individualizados em unidades ambientais para a definição dos pesos, dos meios e da característica morfodinâmica da área a ser estudada.

Tricart (1977) considera o ambiente em equilíbrio dinâmico como estável e o ambiente em desequilíbrio como instável, devido às alterações causadas pelas intervenções humanas, que trazem desequilíbrios temporários e permanentes. Considerando-se o dinamismo das relações da paisagem com as intervenções humanas, foram estabelecidos três tipos de meios como unidades ambientais: meios estáveis, meios intergrades e os fortemente instáveis. A escala de vulnerabilidade foi dividida nestas 3 (três) categorias:

I) Meios estáveis: - cobertura vegetal densa; - dissecação, grau de evolução do relevo moderada; - ausência de manifestações vulcânicas. Prevalece a Pedogênese com valores atribuídos de peso 1,0;

II) Meios Intergrades ou intermediários: - balanço entre as interferências morfogenéticas e pedogenéticas. Equilíbrio Pedogênese e Morfogênese com peso 2,0;

III) 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. Prevalece a Morfogênese com peso 3,0.

Por esses critérios, pode ser criado um modelo possível para se avaliar de forma *empírica* os temas Geologia, solos e vegetação. Tomando-se um por meio de um valor, determinado para cada categoria, alcança-se o resultado de vulnerabilidade pelo cálculo da média desses pesos, substituídos na equação empírica em que a vulnerabilidade é igual à somatória das variáveis das vulnerabilidades de geologia, solo e vegetação, divididas pelo número delas, resultando na média da vulnerabilidade. A partir desses critérios, foi determinada a escala de vulnerabilidade com o objetivo de visualizar algumas categorias

morfodinâmicas para uma melhor representação final da forma cartográfica da vulnerabilidade, Crepani et al (2001).

Selecionem-se 21 cores, com base na combinação RGB (vermelho, verde e azul). De baixo para cima, a partir das cores primárias, em que a combinação B, Azul média (1,0), representa maior estabilidade, a combinação G, cor verde intermediária média (2,0), e a última representando maior vulnerabilidade para a combinação R, da cor vermelha média (3,0). Nessa escala de 21 cores, em que os intervalos são preenchidos pela combinação das cores primárias em escala crescente, esses critérios são usados com o objetivo de atribuir pesos na escala de vulnerabilidade, segundo Crepani et al (2001).

Nascimento & Dominguez (2009) fizeram o mapeamento da vulnerabilidade ambiental, e os critérios adotados e adaptados com base na metodologia usada por Crepani et al (2001) têm os seguintes parâmetros:

I) Geologia – para a vulnerabilidade, classificaram-na considerando o tempo geológico, a fragilidade e o grau de fragilidade litológica. Quanto mais antiga, menor valor terá atribuído, que é de 1 a 5, o maior para uma maior significância e o menor um valor menor para cálculo de vulnerabilidade, aos sedimentos inconsolidados o valor atribuído foi entre 4,2 e 5, também consideraram o grau de estabilidade da linha da costa, área de estudo, Nascimento & Dominguez (2009);

II) Solos – para este tema, o parâmetro é a maturidade pedogenética. Foram usados os pesos de 1-5 atribuídos para as diferentes classes de solo. Para solos menos evoluídos, foram adotados os pesos de 5 e 4, para os intermediários, 3, e aos solos mais desenvolvidos atribuíram o valor 1, nas diferentes associações de solo por meio do sistema de ponderação de pesos proposta por Crepani et al (1996), Medeiros (1999) e Souza (1999);

III) Uso e ocupação do solo – os critérios adotados foram a proteção da pastagem e a biodiversidade da Biota para o estabelecimento da vulnerabilidade para os diferentes tipos de uso e ocupação do solo. Foi considerado o papel da vegetação, porque a cobertura vegetal responde pela estabilidade dos processos morfodinâmicos de Tricart (1977). A cobertura vegetal densa apresenta-se como meio de frear os mecanismos de processo da pedogênese, e a falta de cobertura florestal densa, contribui para a instabilidade ambiental. Foram adotados pesos mais baixos, entre 1 e 3, para terrenos com maior densidade de cobertura vegetal; já as áreas com cobertura herbácea ou gramínea, com ciclos curtos ou expostos, receberam pesos elevados, entre 4 e 5;

IV) Declividade – é o principal índice morfométrico para a classificação de vulnerabilidade, para a qual foi usada a variação de declividade que subdividiu as classes de 1% até 12%. A primeira declividade, menor de 5%, está associada às práticas agrícolas sem restrição à mecanização; a segunda classe, acima de 12%, com problemas no aproveitamento agrícola e com grandes restrições na utilização da terra para esse fim.

Para a análise da vulnerabilidade natural da bacia do Rio Negro – MS, com o objetivo de gerar um mapa de vulnerabilidade natural e a susceptibilidade ambiental, Tiviroli et al (2009) levou em consideração fatores da geomorfologia, da geologia e dos solos, usando a estabilidade em relação à Morfogênese e à Pedogênese proposta por Grigio, (2003). Para o uso da geomorfologia, criou um banco de dados SIG, e atribuiu peso de acordo com as características naturais de cada área, variando-o de 1 a 3. Para os solos mais instáveis, as rochas mais susceptíveis ao intemperismo e as regiões muito dissecadas receberam pesos maiores (mais próximos de 3), sendo que quanto maior a tendência à Morfogênese, maior foi o valor atribuído ao polígono. Por meio de *overlay*, sobreposição de dados tabulares, cartas, imagens, *layers* (que são os níveis ou planos de informação) e camadas, que resultam no mapa de vulnerabilidade. Temos, como exemplo, as camadas ou *layers*, que podem ser as cartas: geológica, hidrológica, geomorfológica, solos, vegetação, declividade e outros mais de interesse no projeto. A composição é feita num dos diversos softwares de geoprocessamento. Para gerar a vulnerabilidade ambiental por meio dos temas geologia, solos, uso e ocupação do solo e declividade, Nascimento & Dominguez (2009) usaram o programa *ArcView GIS* (ESRI, 1999); na determinação da vulnerabilidade natural, usaram a fórmula e a metodologia modificada de Crepani et al (2001).

Segundo Valente (2005), com a evolução do SIG, os métodos de análise de áreas prioritárias evoluem a cada ano. Essa evolução teve início com o surgimento dos aplicativos que facilitaram as tarefas e viabilizaram a execução da análise Multicriterial, transformando-se numa ferramenta que possibilita aos tomadores de decisão nos projetos o planejamento ambiental.

O SIG é processado no ambiente computacional (*hardware*), programas (*software*), com dados geográficos georreferenciados, tendo a possibilidade de capturar, armazenar, atualizar, manipular e exibir todas as informações geográficas organizadas por um banco de dados ou projeto no computador (Paranhos Filho et al 2008).

Pesquisas apontam a eficácia de técnicas de geoprocessamento no monitoramento para conservação, preservação e para a identificação da vulnerabilidade em bacias

hidrográficas e seu nível de degradação. Como exemplo, em Mato Grosso do Sul, pesquisas realizadas na Bacia do Rio Miranda, com uso do SIG, permitiram o monitoramento da bacia pelo sensoriamento remoto multitemporal, apoiando as aferições de campo com dados gerados a partir de modelos hidrológicos validados, considerando ainda dados de temperatura e precipitação (Liu, 2007).

Geoprocessamento é a técnica que se utiliza do computador para organizar informações geográficas com influência na cartografia, para análise e monitoramento de regiões urbanas e rurais, solos, vegetações e hidrografia e outras. Por meio das ferramentas utilizadas num ambiente computacional são geoprocessados e analisados os dados espaciais, levando o sistema a denominação de SIG, podendo fazer análises complexas integrando dados e informações diversas e, por meio do banco de dados, ter a possibilidade de automatizar informações e materiais cartográficos (Câmara & Medeiros, 1996).

O *Método de Análise Multicriterial* é a metodologia aplicada para a análise de diagnósticos ambientais; baseia-se na análise ponderada e prevê atribuições de pesos ou valores aos temas escolhidos e analisados com o apoio de uma equipe multidisciplinar e os devidos pesos de vulnerabilidade. O resultado reflete a fragilidade ambiental (Fidalgo, 2003) e (Nobres & Garcia, 2010).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Área de Estudo

A área de estudo foi a bacia do Guariroba, localizada no Município de Campo Grande – MS, entre os paralelos 20° 28' e 20° 43' de latitude sul e os meridianos 54° 29' e 54° 11' de longitude oeste, com área total aproximadamente de 361,9 Km² (Plano de Manejo da APA do Guariroba, 2010) (Figura 1),

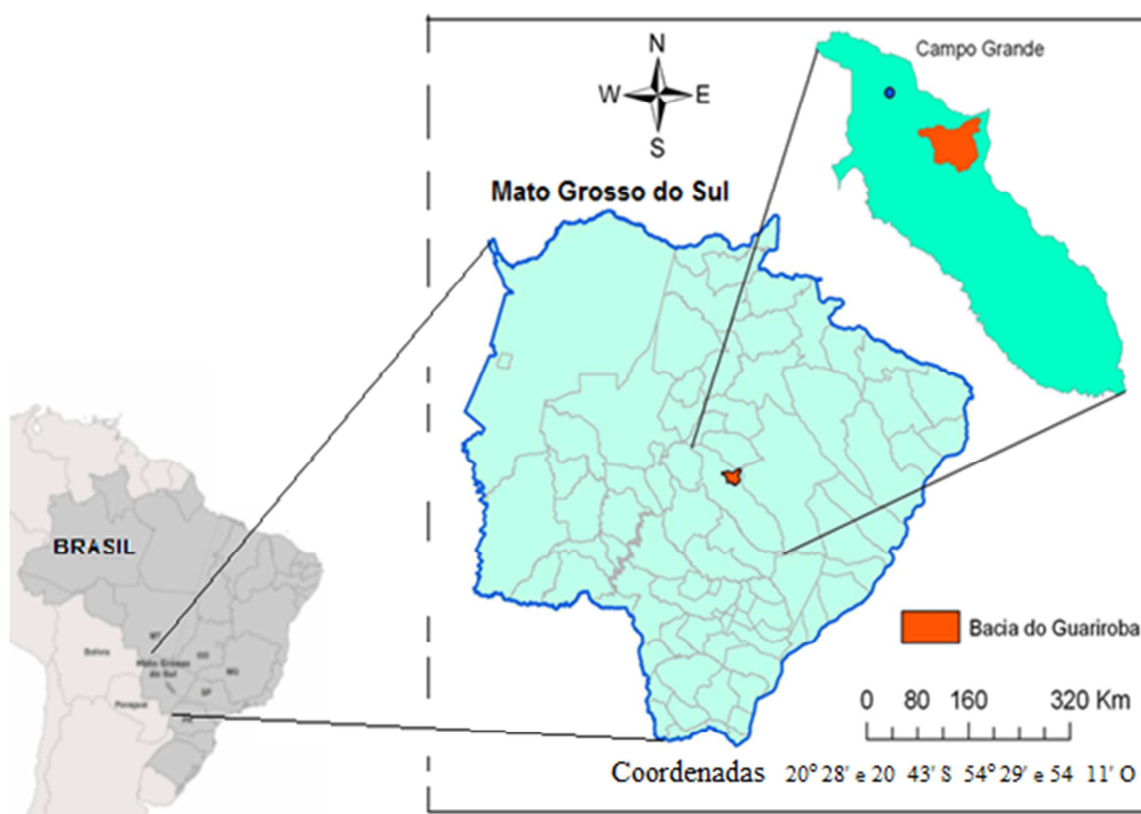


Figura 1 – Localização geográfica da bacia do Guariroba.

4.2. Critérios Adotados

Para avaliar a vulnerabilidade ambiental da bacia do Guariroba, utilizou-se desde a revisão bibliográfica até a interpretação de imagens de satélite de alta resolução Ikonos, carta topográfica e trabalhos de campo.

Os fatores de fragilidade estrutural analisados na busca da vulnerabilidade ambiental foram a geologia, o tipo de solo, a declividade e a capacidade de uso e ocupação do solo. Para este estudo, foi usada informação da carta de Geologia da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais com escala 1 x 1.000.000 (CPRM 2006).

Através das imagens Ikonos georreferenciadas, com base nos levantamentos bibliográficos e de campo, realizados ainda na etapa do diagnóstico ambiental, foram produzidos os mapas temáticos: geologia, solos, uso e ocupação do solo e declividade, que alimentaram o banco de dados geográfico montado na plataforma ArcGISTM 10 (ESRI, 2011). Todas as informações foram integradas, possibilitando a produção de mapas intermediários (produto do cruzamento dos mapas temáticos básicos). Por meios da geotecnologia, foram identificadas as áreas vulneráveis ambientais da bacia. As cartas de geologia, solo, uso e ocupação do solo e declividade, com as respectivas cartas de vulnerabilidade, foram geradas por ferramentas de geoprocessamento, a partir da interpretação das imagens de sensoriamento remoto, com a utilização do *software*: ArcGISTM 10 (ESRI, 2011) e etapas de campo, coletas de pontos de Global Positioning System (GPS) para o georreferenciamento de imagens.

As informações sobre o relevo foram obtidas do modelo SRTM (missão topográfica do ônibus espacial da NASA), que disponibilizou um MDE com resolução espacial de 90 metros, na Internet no site do USGS Eros Data Center - Centro de Dados do Departamento de Levantamento Geológico dos Estados Unidos, disponível em <http://srtm.usgs.gov/>.

O mapa de cobertura do solo foi gerado a partir da classificação automática supervisionada das imagens de satélite. As demais informações necessárias foram adicionadas ao banco SIG para o cruzamento dos dados e a obtenção do produto final, a carta de vulnerabilidade ambiental.

A composição das imagens e a metodologia usada foram propostas por Crepani et al (2001), que exemplificaram, pelas imagem de satélite *Landsat*, organizando os arranjos das bandas na composição *RGB-5-4-3* (banda 5 no vermelho (*R*); banda 4 no verde(*G*) e banda 3 no azul(*B*), ou *RGB-7-4-2* (banda 7 no vermelho; banda 4 no verde e banda 2 no azul) com a análise e interpretação das informações temáticas por meio de adição vetorial que permite a construção dos mapas temáticos de, uso e ocupação do solo e declividade. Para os temas geologia e solos, foi utilizada a fotointerpretação. Para facilitar a interpretação visual, foram escolhidas as combinações dos matizes de cores verde na banda 4 para a vegetação. Para a representação do solo, rochas ou reduzida cobertura vegetal, foi

usada a composição, nas bandas 3 e 5 ou 2 e 7 (azul + vermelho = magenta), que origina os matizes da cor magenta; para identificar as águas, foi usada a banda 3 nos matizes do azul. Na sequência, foram gerados mapas para os temas: geologia, solos, declividade e uso e ocupação do solo.

Os pesos de estabilidade obtidos por meio da avaliação das características morfodinâmicas e do enquadramento na escala de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas estiveram de acordo com o estabelecido por Crepani et al (2001).

Foram adotadas duas etapas na construção dos mapas. O primeiro passo foi organizar as cartas com os temas geologia, declividade, solos e uso e ocupação do solo. Na segunda etapa, foi traçado o limite da bacia, considerando-se os divisores topográficos ou divisores de água, as cristas das elevações do terreno que separam a drenagem da precipitação entre as bacias adjacentes; depois foi realizada a correção de todos os temas dentro desses limites.

Devido ao tipo de relevo observado na região e às características geológicas, o intemperismo submetido, uso e ocupação da bacia, foi adotada uma escala de vulnerabilidade de 1 a 5 para melhor expressar os resultados.

Temas propostos para gerar a carta de vulnerabilidade ambiental:

I) Geologia – é o primeiro, tema proposto e os pesos de vulnerabilidade encontrados, conforme escala pré-definida com base nos critérios de peso, surgiram considerando-se a unidade geológica e o intemperismo sofrido. Os valores adotados para este tipo de formação geológica é de 1,5 e 2,4 de vulnerabilidade (Tabela 2).

TABELA 2 – Escala de vulnerabilidade para a geologia da bacia.

ERA	PERÍODO	Letra Símbolo	GRUPO	FORMAÇÃO	VALOR DE VULNERABILIDADE
MESOZÓICO	Cretáceo	K2	BAURU	K2c - Bauru	2,4
MESOZÓICO	Juro Cretáceo	K1b	SÃO BENTO	K1bsg - Serra Geral	1,5

Fonte: Projeto RADAM (1982) e o valor de vulnerabilidade segundo Crepani et al (2001).

II) Solos – é o segundo tema proposto para a vulnerabilidade dos solos. Os pesos de vulnerabilidade, com peso (1) para a classe do Latossolo Vermelho Distrófico (LVd), peso

(3,8) para Neossolo Quartzarênico Hidromórfico (RQg) e peso (3) para Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo) foram determinados em função da estabilidade dos solos adaptados a partir de Nascimento & Dominguez (2005, 2009), considerando o valor maior (3,8) para o solo de maior vulnerabilidade e (1) o menor para a menor vulnerabilidade (Tabela 3).

TABELA 3 – Classe de solos e pesos de vulnerabilidade.

Letra Símbolo das Classes	Classes de Solo	Área (ha.)	Valor de Vulnerabilidade
LVd	Latossolo Vermelho Distrófico	869,80 ha.	1
RQg	Neossolo Quartzarênico Hidromórfico	1254,58 ha.	3,8
RQo	Neossolo Quartzarênico Órtico	34.069,55 ha.	3

Fonte Adaptado Crepani et al (1996).

III) Declividade – a carta de declividade foi gerada com pesos de 0 a 18% de declividade. Nela foram determinadas cinco faixas de declividade e então atribuídos os pesos de vulnerabilidade de 1 até 5, adaptados de Tagliani (2002), que adotou 5 níveis de vulnerabilidade e em que os pesos de magnitude crescente foram relacionados às maiores classes de relevo, sendo:

- a) peso 1 para a declividade de 0% até 2% na classe de Declividade Muito Baixa, sendo aproximadamente 39% da bacia;
- b) peso 2 para a declividade de 2% até 4% na classe de Declividade Baixa, sendo aproximadamente 28% da bacia;
- c) peso 3 para a declividade de 4% até 6% na classe de Declividade Suave, sendo aproximadamente 23% da bacia;
- d) peso 4 para a declividade 6% até a 10% na classe de Declividade Moderada, sendo aproximadamente 8% da bacia; e
- e) peso 5 para a declividade de 10% até 18% na classe de Declividade Alta, sendo aproximadamente 2% da bacia.

Os pesos foram organizados na Tabela 4, de acordo com as classes de declividade e seus respectivos pesos de vulnerabilidade.

TABELA 4 - Descrição das classes de declividade e suas características.

Descrição das Classes	Declividade (%)	Valor de Vulnerabilidade	Percentual da área com declividade	Área aproximada em km ²
Declividade Muito Baixa	0 – 2	1	39	141,14
Declividade Baixa	2 – 4	1,1	28	101,33
Declividade Suave	4 – 6	1,17	23	83,24
Declividade Moderada	6 – 10	1,25	8	28,95
Declividade Alta	10 – 18	1,6	2	7,24

Fonte: Adaptado de Tagliani (2002).

IV) Uso e ocupação do solo – para este tema foram adaptados os pesos de Heymann et al (1994), Corine (1992), Carrijo (2005) e Nascimento & Dominguez (2005 e 2009). Para melhor contemplar as condições encontradas na bacia do Guariroba, foram usados pesos de 1,5 - baixa vulnerabilidade e 5 - alta vulnerabilidade (Tabela 5).

TABELA 5 – Pesos e categorias do uso e ocupação do solo da bacia do Guariroba.

(continua)

Letra Símbolo das Classes	Categorias	Valor de Vulnerabilidade
Tas	Terra Agrícola: Silvicultura – Maciço florestal homogêneo de Eucalipto.	1,5
Pc	Pastagem extensiva	4
TFc	Mata Ciliar	2

(conclusão)

Letra Símbolo das Classes	Categorias	Valor de Vulnerabilidade
TFg	Mata de Galeria	1,5
TFca	Cerradão Arbustivo	1,5
TFd	Cerradão Denso	1,5
TU	Terra Úmida	4,5
TCA/La	Terra com Água: Reservatório, Rio Permanente, Lagoa Permanente e Açude.	5

Fonte: Modificado de Crepani et al (1996), Nascimento & Dominguez (2005)

Para determinar o uso e ocupação do solo é importante que se apresentem os tipos de vegetações predominantes na Bacia do Guariroba e, mais especificamente, nas sub-bacias que são assim denominadas:

I) Cerrado Denso: Subtipo de vegetação predominantemente arbóreo, com cobertura de 50 a 70%;

II) Campo Úmido: O campo úmido é uma fisionomia associada ao solo hidromórfico, com lâmina d'água na superfície ao longo de quase todo ano;

III) Buritizal: Marcada pela dominância absoluta de *Mauritia flexuosa* no dossel, sendo que estas áreas encontram-se permanentemente alagadas por uma lâmina d'água ou nascente, estando associada a uma altitude que varia de 440 e 640 m;

IV) Mata de Galeria: Vegetação florestal que acompanha os córregos e rios de pequeno porte, formando corredores fechados sobre o curso d'água. (Plano de Manejo da APA do Guariroba, 2010).

Ribeiro & Walter (1998) adequaram as características do cerrado aos seus biomas, adotando uma chave fitofisionômica específica para o Cerrado; com essa base, elaboraram o mapa de uso e ocupação de solo, em conformidade com a Legenda Corine.

Após processados todos os dados, foi feita a recomposição de todos os mapas temáticos e para cada tema foi gerada uma carta de vulnerabilidade, com seus respectivos

pesos, em conformidade com os estudos bibliográficos (Corine 1992; Carrijo, 2005; Nascimento & Dominguez, 2005, 2009 e Crepani et al 2001).

Uma vez gerada a carta de vulnerabilidade ambiental da bacia, observando-se a unidade fisiográfica limitada por divisores topográficos e tendo uma seção fluvial única, exutório (ponto mais inferior para onde converge toda a descarga hídrica desta bacia), foram digitalizadas, a partir desses critérios, as microbacias do Guariroba. Dessa maneira, o resultado da vulnerabilidade ambiental pode ser visto num todo da bacia, bem como sua influência nas microbacias.

Para a obtenção dos resultados, foi utilizado o *Raster Calculator*, ferramenta do *software* ArcGISTM 10 (ESRI, 2011).

Todas as informações foram organizadas em um banco de dados SIG, que poderá ser disponibilizado quando solicitado, para ser usado como subsídio pelas autoridades públicas e privadas na implantação de políticas públicas para a bacia hidrográfica.

Todos os dados, na medida em que foram analisados e organizados, foram arquivados no formato *shapefile*. Esses arquivos dão origem ao banco de dados espaciais ou base de dados logicamente relacionados e destinados ao mapeamento. O conteúdo é arquivado em mídia ou no computador, para posteriores consultas e estudos, com a devida autorização de acesso. O banco de dados é caracterizado pelas informações geográficas, georreferenciadas (dados ou objetos sua localização geográfica), imagens (imagem de satélite ou fotografia Aérea), *layers* (arquivos que sobrepõe informações de formas organizadas), *shapefile* (armazena dados, atributo e vectores de coordenadas que suportam características como: ponto, linha e área) e cartas de vulnerabilidades da bacia do Guariroba.

Por meio da operação *overlay (camadas)*, as diferentes camadas (Geologia, Solo, Declividade e Uso e Ocupação do Solo) foram sobrepostas para a construção da carta de vulnerabilidade; as atribuições dos pesos foram definidas com base na aplicação da álgebra de mapas. Para a carta de vulnerabilidade ambiental final, foram somados os dados de vulnerabilidade de cada camada e extraída a média aritmética entre as diferentes atribuições de cada carta, para obter a representação de cada unidade dentro da escala de vulnerabilidade ambiental. (Figura 2).

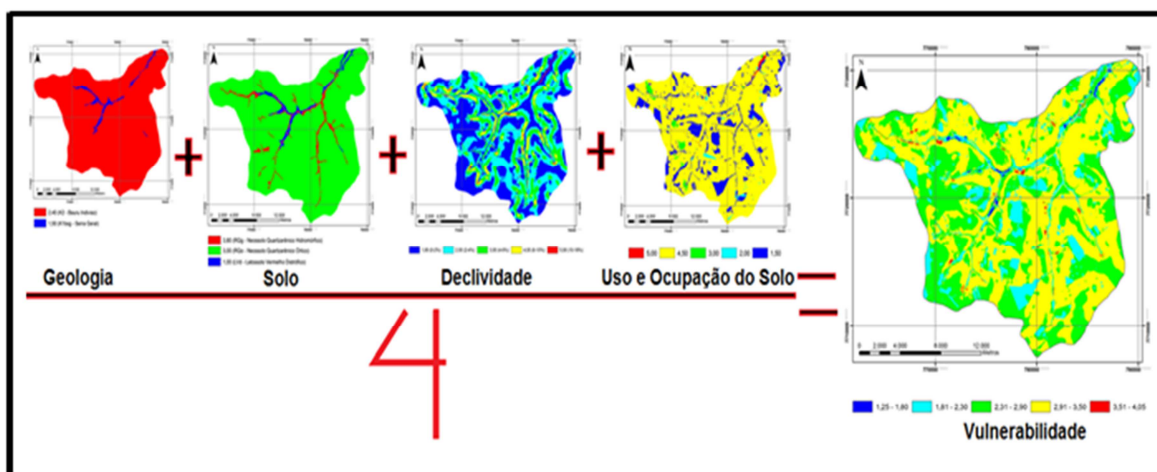


FIGURA 2 – Equação para gerar a carta de vulnerabilidade.

Com a composição das 4 cartas, foi gerada a carta final de vulnerabilidade ambiental para a Bacia do Guariroba.

Com a carta de vulnerabilidade de toda a bacia do Guariroba gerada, para melhor visualização, foram digitalizadas as microbacias; os critérios para digitalizá-las foram os mesmos usados para definir a bacia do Guariroba, individualizada por meio de mapas topográficos com suas cotas.

Com as 4 cartas de vulnerabilidade ambiental, geradas para cada tema, foi processado o cruzamentos dos temas propostos. Para a vulnerabilidade ambiental da bacia do Guariroba, a amostragem das áreas de maior ou menor susceptibilidade ambiental a um impacto potencial provocado por uso antrópico qualquer fica demonstrado na carta de vulnerabilidade ambiental final da APA do Guariroba. Cinco classes de vulnerabilidade foram estabelecidas: baixa, baixa a média, média, alta e muito alta; posteriormente foram mensuradas as percentagens.

Para a visualização dos resultados, foi criada uma tabela com as cores, os pesos e a escala de vulnerabilidade, onde a descrição do grau de vulnerabilidade da cor azul é estável; as cores turquesa moderadamente estável; verde moderadamente estável vulnerável; amarelo moderadamente vulnerável e a cor vermelha como vulnerável. Essas

cores são a base de cores presentes nas cartas finais de vulnerabilidade, exemplificadas na Figura 03.

Descrição do Grau de Vulnerabilidade das Cartas			
Cor	Intervalo de Vulnerabilidade	Nomenclatura da Cor	Descrição do Grau de Vulnerabilidade
	3,51 - 4,05	Vermelho	Vulnerável
	2,91 - 3,50	Amarelo	Moderadamente Vulnerável
	2,31 - 2,90	Verde	Moderadamente Estável Vulnerável
	1,81 - 2,30	Turquesa	Moderadamente Estável
	1,25 - 1,80	Azul	Estável

FIGURA 3 – Escala de vulnerabilidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados temáticos vetoriais (pesos de vulnerabilidade) foram convertidos em grades numéricas com resolução de 20 x 20m no ambiente SIG o que possibilitou a completa integração entre os dados usados para a obtenção dos resultados apresentados no formato de carta de vulnerabilidade ambiental. As coordenadas usadas foram em UTM, fuso 21. A carta de vulnerabilidade de geologia foi gerada a partir da carta geológica da bacia do Guariroba (Figura 4).

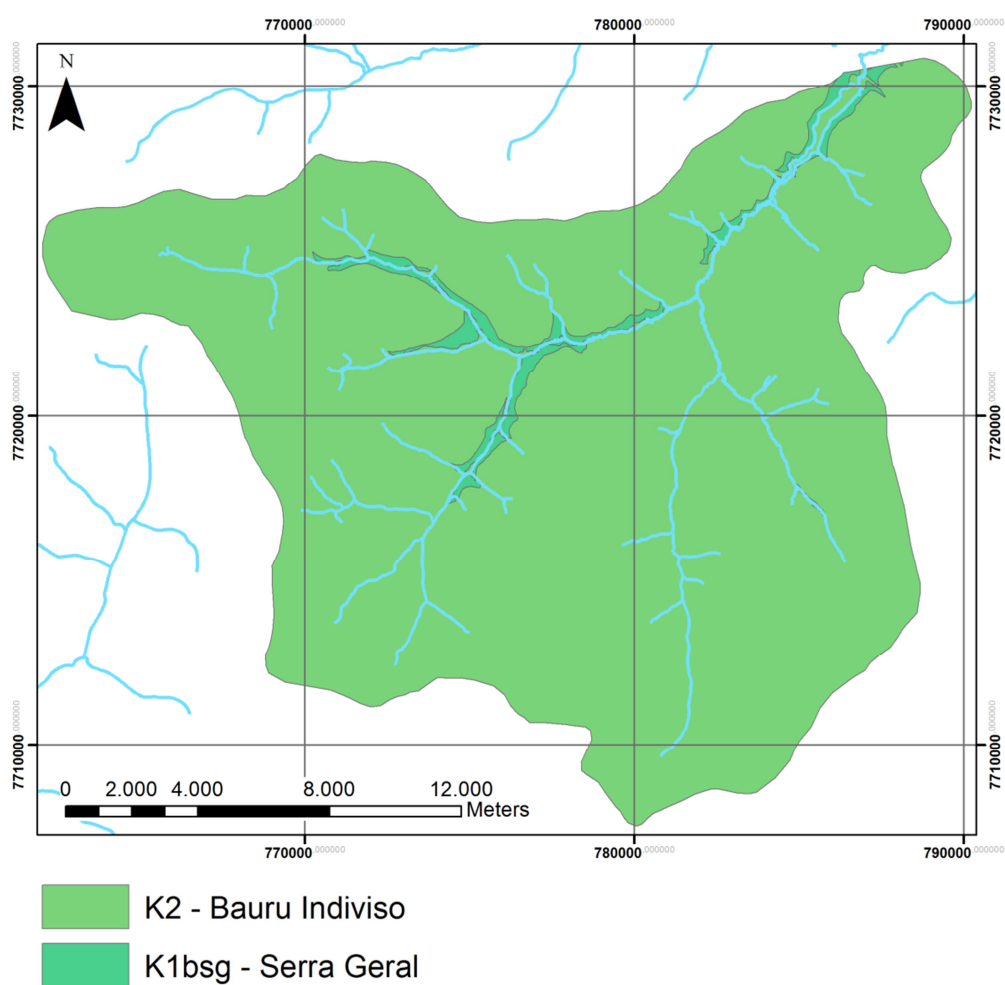


FIGURA 4 – Carta geológica da bacia do Guariroba.

Com a escala de vulnerabilidade para o tema geologia, considerando-se o Grupo Geológico, a Formação e a Litologia, foram definidos os pesos de 2,4 para a Formação

Bauru Indiviso (K2) e 1,5 para a Formação Serra Geral (K1bsg). Foram usados os mesmos pesos de vulnerabilidade propostos por Crepani et al (2001), porque apresentam o melhor resultado de vulnerabilidade.

Para a Geologia, aproximadamente 95% de toda a litologia aflorante é de alto índice de vulnerabilidade, e 5% apresentou-se como estável, com base na comparação dos materiais de origem rochas ígneas e sedimentares da Formação Serra Geral e Grupo Bauru da bacia (Figuras 5).

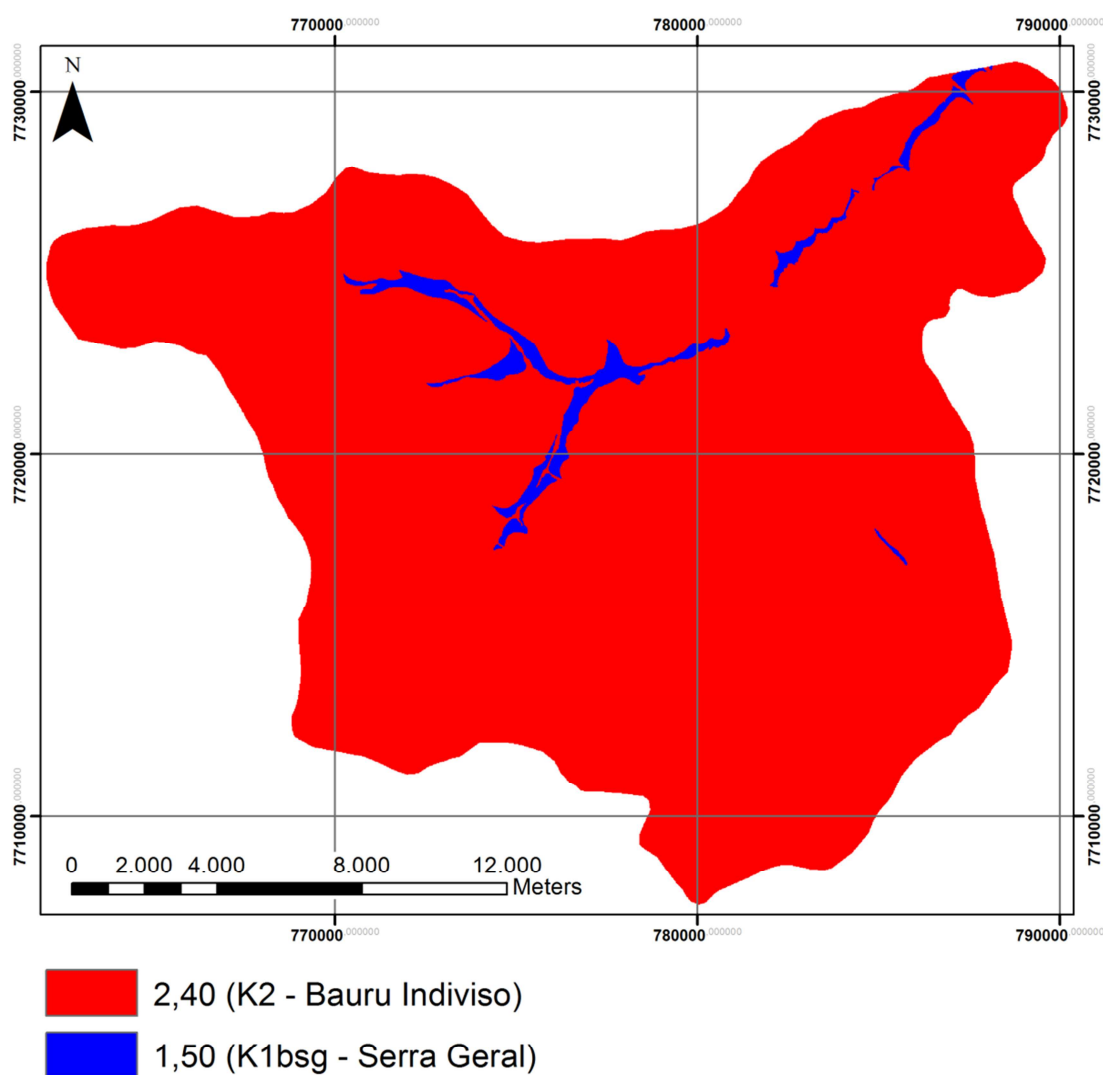


FIGURA 5 – Carta de pesos atribuídos para a geologia.

Com base nos dados de solo Embrapa (2006), leva-se em consideração a formação geológica, a composição das rochas dos grupos de origem, as características do relevo e a

textura arenosa dos solos: Neossolo Quartzarênico Hidromórfico (RQg), Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo) e Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) com textura média e argilosa foi gerada a carta da pedologia da Bacia do Guariroba (Figuras 6).

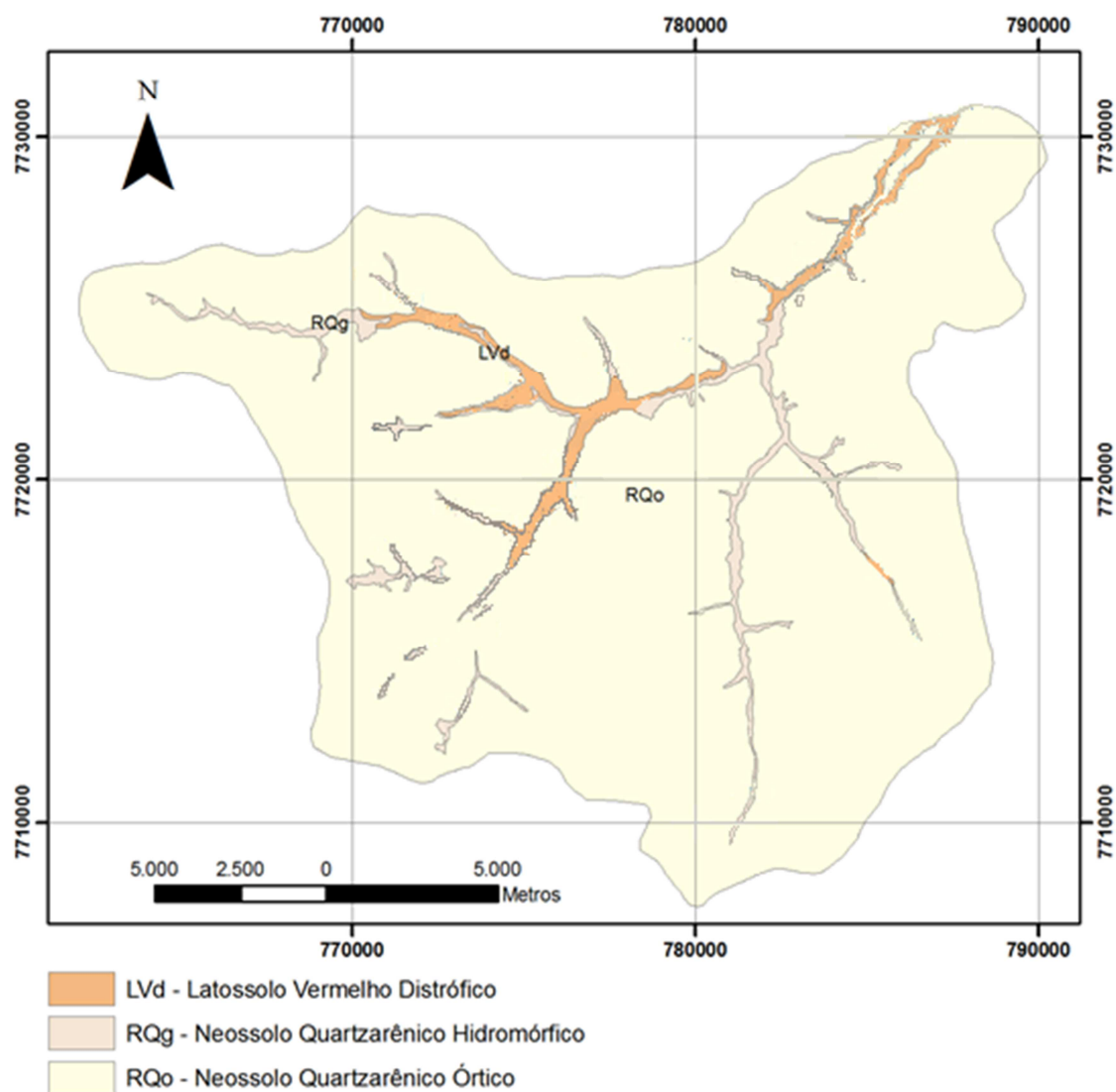


FIGURA 6 – Carta da pedologia de solos da bacia do Guariroba.

Fonte: Fonte: Projeto RADAM (1982)

Com a carta de Pedologia de solos mapeada, com as diferentes classes de solo, foi gerada a carta de vulnerabilidade de solo. O valor de vulnerabilidade foi obtido a partir do peso 1 para a classe do LVd, do peso 3,8 para RQg e do peso 3 para RQo. A carta foi gerada em função da estabilidade dos solos e adaptada à escala de vulnerabilidade de 1 a 5 proposta por Nascimento & Dominguez (2005, 2009).

Pelos resultados, observa-se que 90% da bacia possui solo RQo na cor verde, classificada como moderadamente estável vulnerável, 5% do solo LVd na cor Azul, classificada como estável, e 5% do solo RQg na cor Vermelha, classificada como instável (Figura 7).

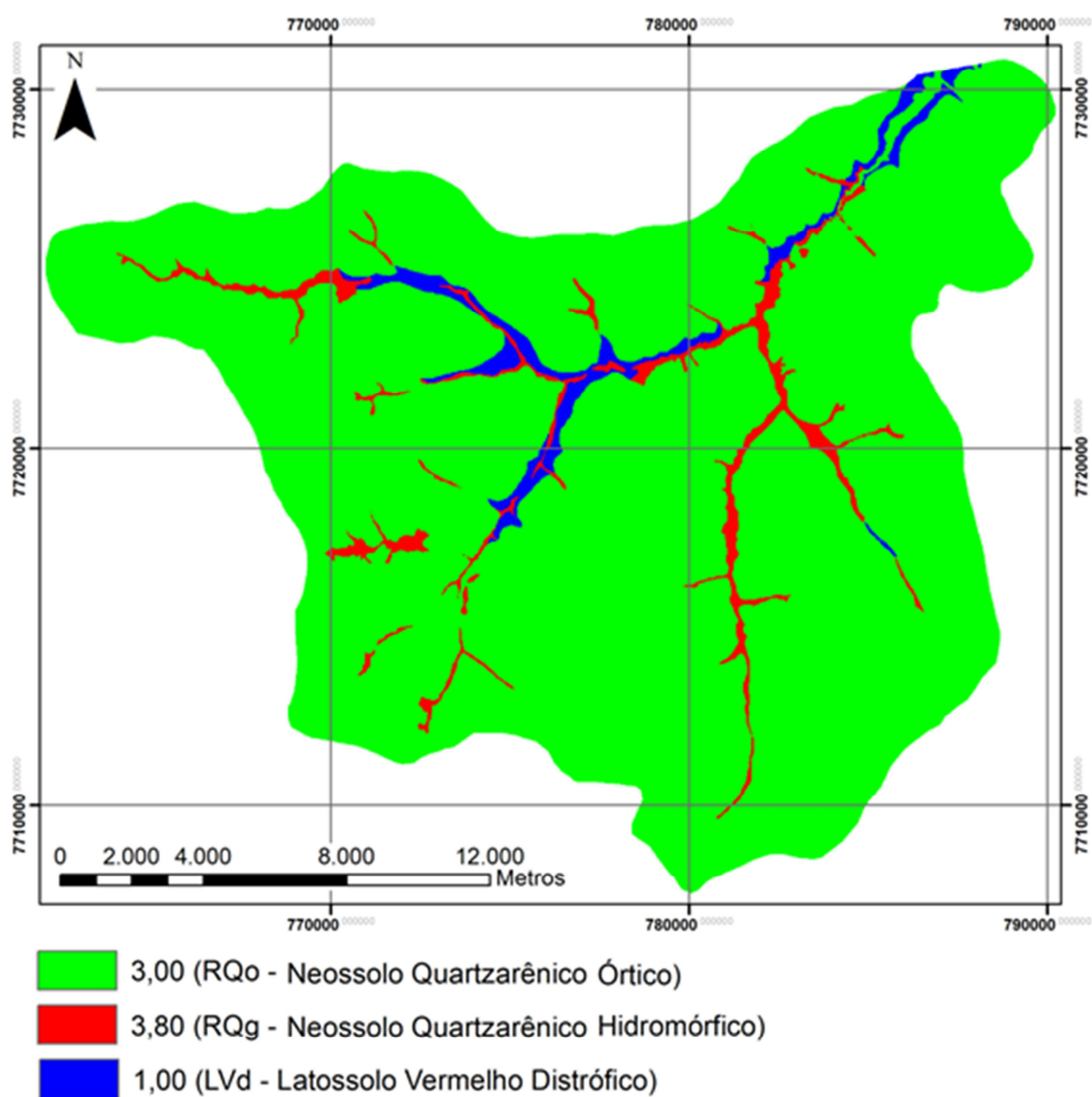


FIGURA 7 – Carta de pesos atribuídos aos solos.

A carta de declividade, foi gerada com os pesos propostos e adaptados a partir das cartas topográficas digitalizadas no *software*, ArcGISTM 10 (ESRI, 2011) (Figura 8).

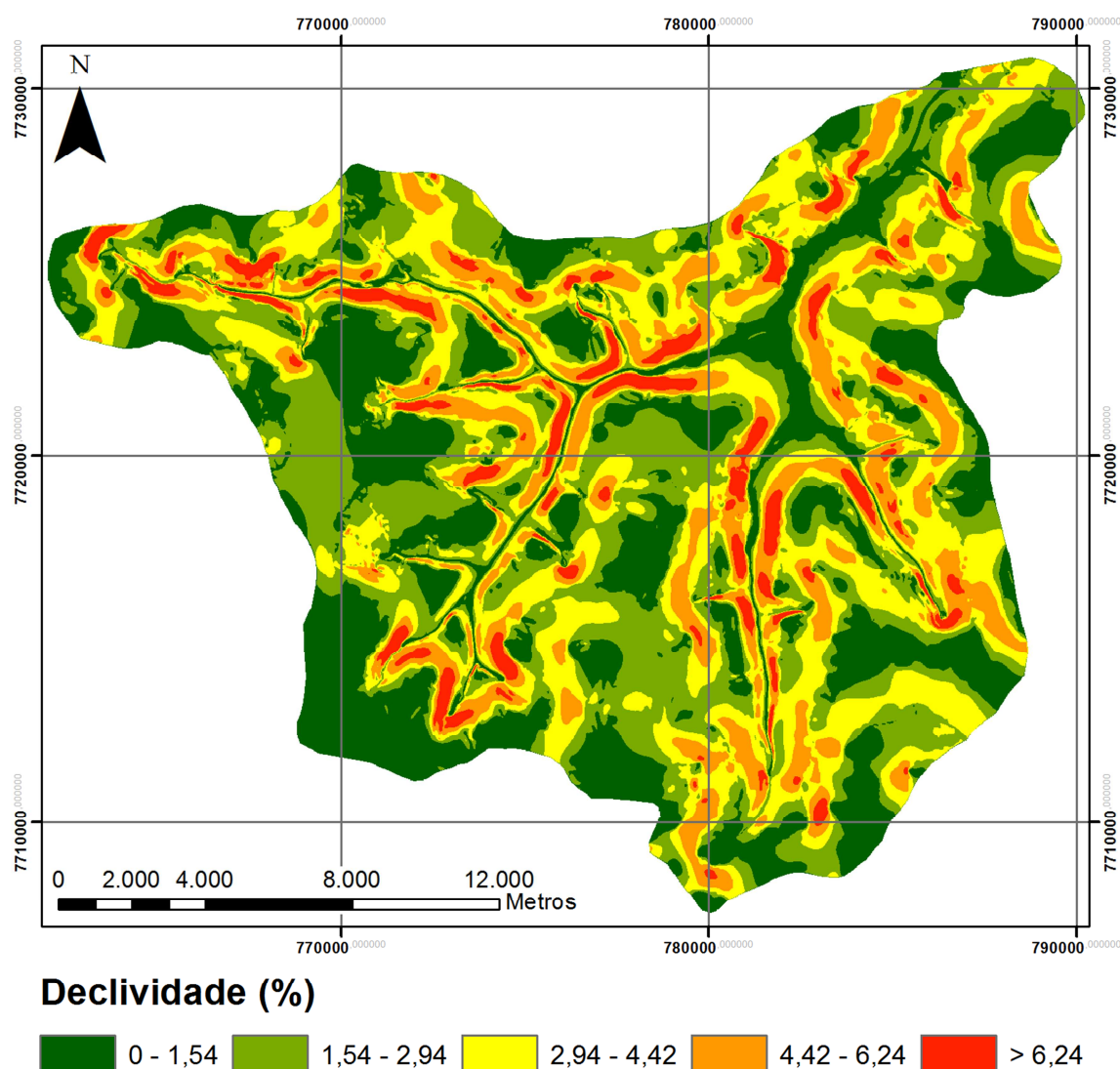


FIGURA 8 – Carta da declividade da bacia do Guariroba.

Para a declividade, foram propostos pesos maiores do que os indicados por Crepani et al (2001) devido à estrutura da paisagem da bacia, para não mascarar os resultados e expressar com maior intensidade a vulnerabilidade do terreno e sua declividade. A proposta é válida tanto para os solos como para a declividade e o uso e ocupação do solo, com pesos maiores que 3 (três), tendo como base as bibliografias propostas por Corine (1992), Tagliani (2002), Carrijo (2005), Nascimento & Dominguez (2005, 2009).

Para os percentuais de declividade de 0% até 18%, os pesos atribuídos foram de 1 até 5 para cada nível, para gerar a vulnerabilidade da declividade da bacia. Como resultado gerado na carta de vulnerabilidade para a declividade, a cor azul corresponde a 39% da

área, classificando-a como estável; a cor turquesa, 28% da área e classificada como moderadamente vulnerável; a cor verde, 23% da área e classificada como moderadamente estável vulnerável. A cor Amarela corresponde a 8% da área e classificada como moderadamente vulnerável e a cor Vermelha, 2% da área e classificada como instável. Portanto, para a declividade, a bacia pode ser classificada como tendo característica de estável até moderadamente estável vulnerável, o que corresponde a 90% da área (Figura 9).

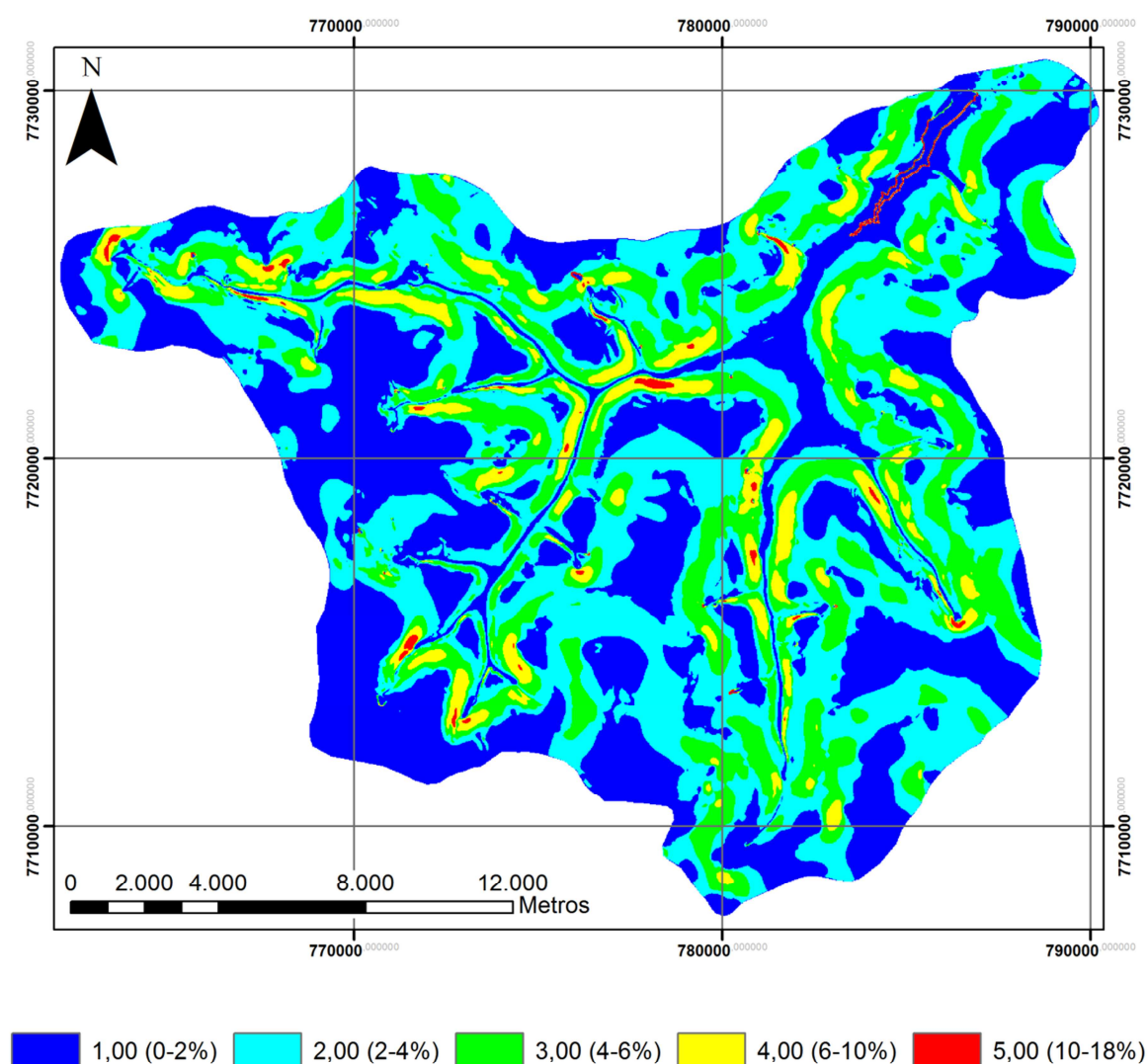


FIGURA 9 – Carta de pesos atribuídos para a declividade.

Fonte: gerado com bases nos pesos adaptado de Tagliani (2002).

O uso e ocupação do solo foi identificado na bacia até o terceiro nível hierárquico, conforme proposto na tabela Corine (1992). Os pesos de vulnerabilidade tabela são: mata ciliar peso 2,0; matas de galeria peso 1,5; cerradão peso 1,5; eucalipto peso 1,5; pastagens peso 4,5; áreas úmidas peso 4,5; cursos de água; cerradão; cerrado senso restrito peso 1,5, adaptados de Heymann et al (1994), Corine (1992), Carrijo (2005) e Nascimento & Dominguez (2005, 2009), (Figura 10).

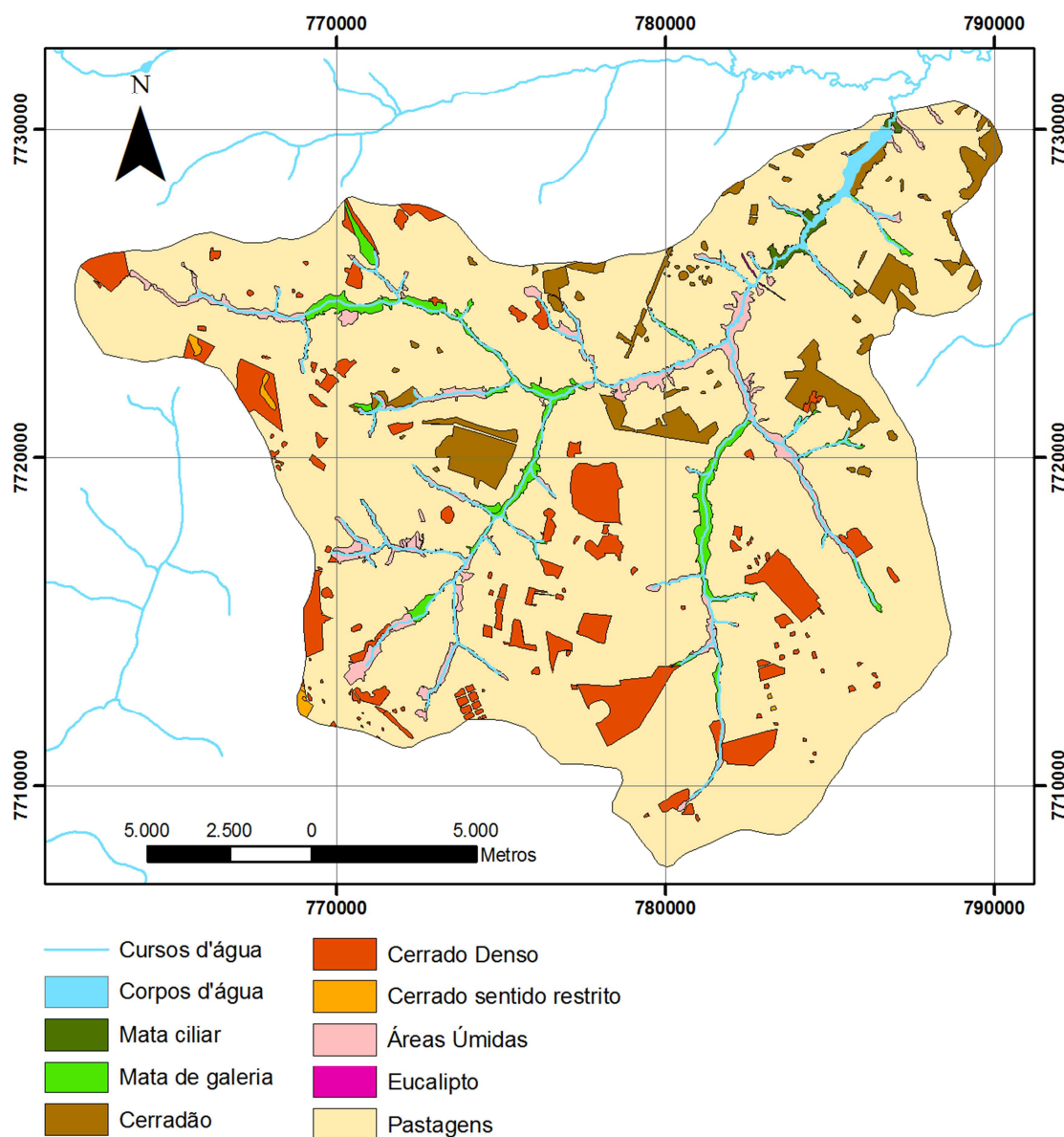


FIGURA 10 – Carta da vegetação, uso e ocupação do solo da bacia do Guariroba.

Pode-se observar que aproximadamente 93% da bacia possui a forma de ocupação natural ou cultivada, o que é validado pelas observações a campo de que a bacia não possui áreas significativas de solo descoberto. A área de fragilidade identificada corresponde a 1% e se manifesta próximo à foz da bacia; os outros 6% correspondem às águas superficiais e aos reservatórios. Quanto à vulnerabilidade do uso e ocupação do solo, aproximadamente 26% da área corresponde à cor azul caracterizada como estável; 4% da área corresponde à cor turquesa caracterizada como moderadamente estável; 9% da cor verde, caracterizada como moderadamente estável vulnerável; 59% da área corresponde à cor amarela, caracterizada como moderadamente vulnerável, e 2% de toda a área da bacia corresponde à cor vermelha, classificada como vulnerável (Figura 11).

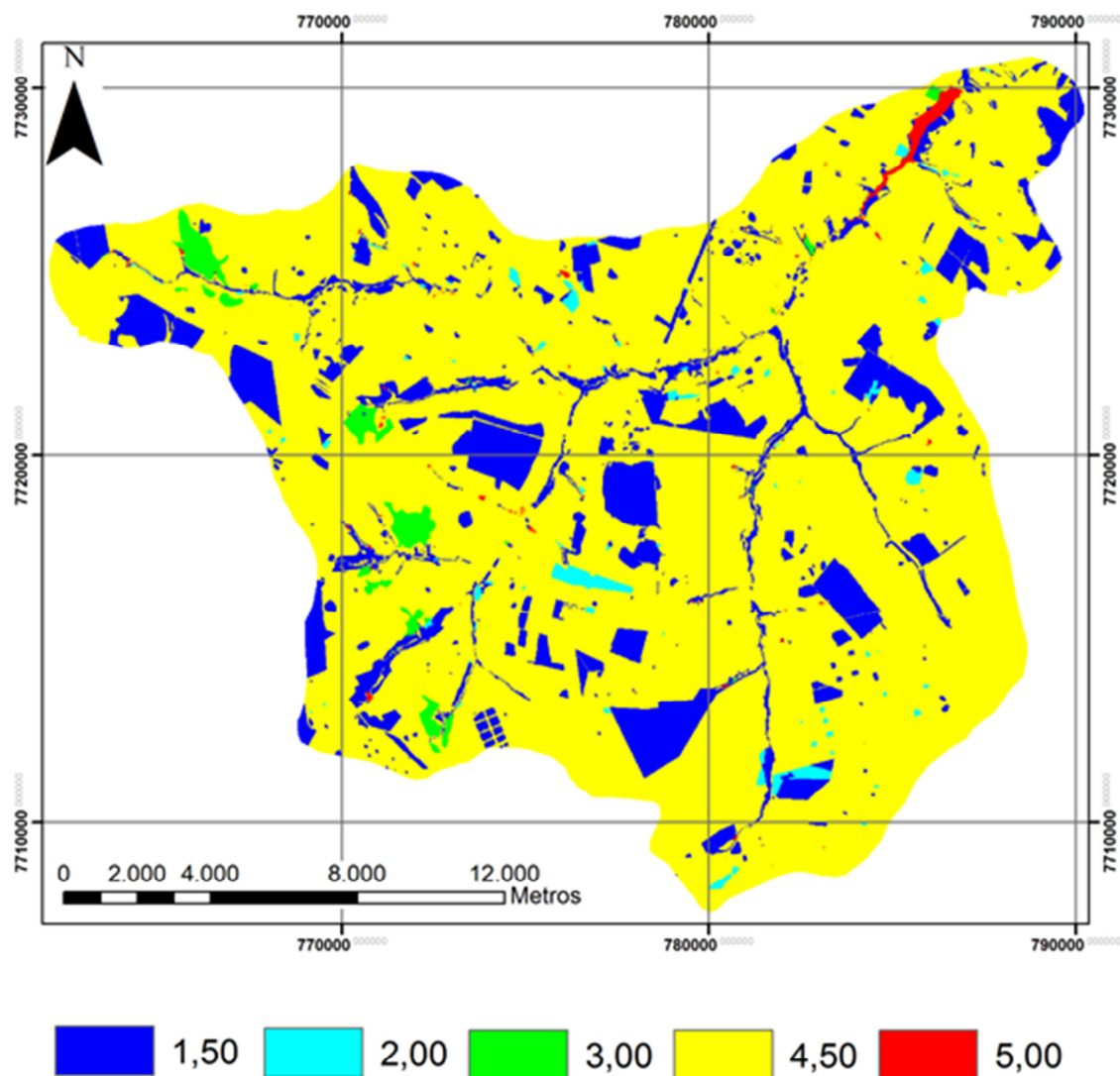


FIGURA 11 – Carta de pesos para uso e ocupação do solo.

Após criar os polígonos com seus pesos de vulnerabilidade para os temas solo, geologia, declividade e uso e ocupação do solo, foi realizado o processo de *vetorialização*. Os pesos para os polígonos foram atribuídos pelo banco de dados SIG, considerando-se as metodologias utilizadas para a construção das cartas acima citadas, com as características naturais de cada área naturalmente preservada.

O modelo numérico de terreno mostrou altitudes que oscilam entre 456 e 662m, configurando a amplitude altimétrica de 206m na bacia. A amplitude é importante, pois determina as formas e a dinâmica do relevo e sua paisagem, que sofre contínua transformação pela forma de manejo exercida pelo homem. A maior dificuldade para se atribuir pesos às variáveis está no fato de que a bacia é bastante plana, motivo pelo qual foi preciso que os valores de vulnerabilidade fossem adaptados a pesos mais elevados, buscando-se maior significância nos resultados, os quais se apresentaram visualmente melhores. Com isso, ficou mais fácil a identificação da vulnerabilidade da bacia, bem como de cada microbacia do Guariroba, para a melhor percepção da sua fragilidade ambiental.

As técnicas de análise espacial foram utilizadas para integrar os mapas temáticos e atribuir pesos diferenciados às diversas unidades de paisagem, segundo as proposições metodológicas de (Corine, 1992), Crepani (2001), Tagliani (2002), Grigio et al (2003 - 2005), Carrijo (2005) e Nascimento & Dominguez (2005, 2009).

Com as cartas de vulnerabilidade, foram gerados os mapas temáticos multi temporais de Uso e Ocupação do Solo, Declividade, Geologia e Solos. Toda a elaboração dos mapas de vulnerabilidade deu-se em ambiente SIG, a partir dos dados obtidos de produtos de sensoriamento remoto e de dados de campo que, em combinação, mostraram excelentes resultados.

A partir dos mapas de vulnerabilidade ambiental de cada tema, foi produzido o mapa final, correlacionando as unidades naturais de geologia, declividade, solos e uso e ocupação do solo. Com o cruzamento dessas variáveis, foi determinada a carta de vulnerabilidade ambiental final (Figura12).

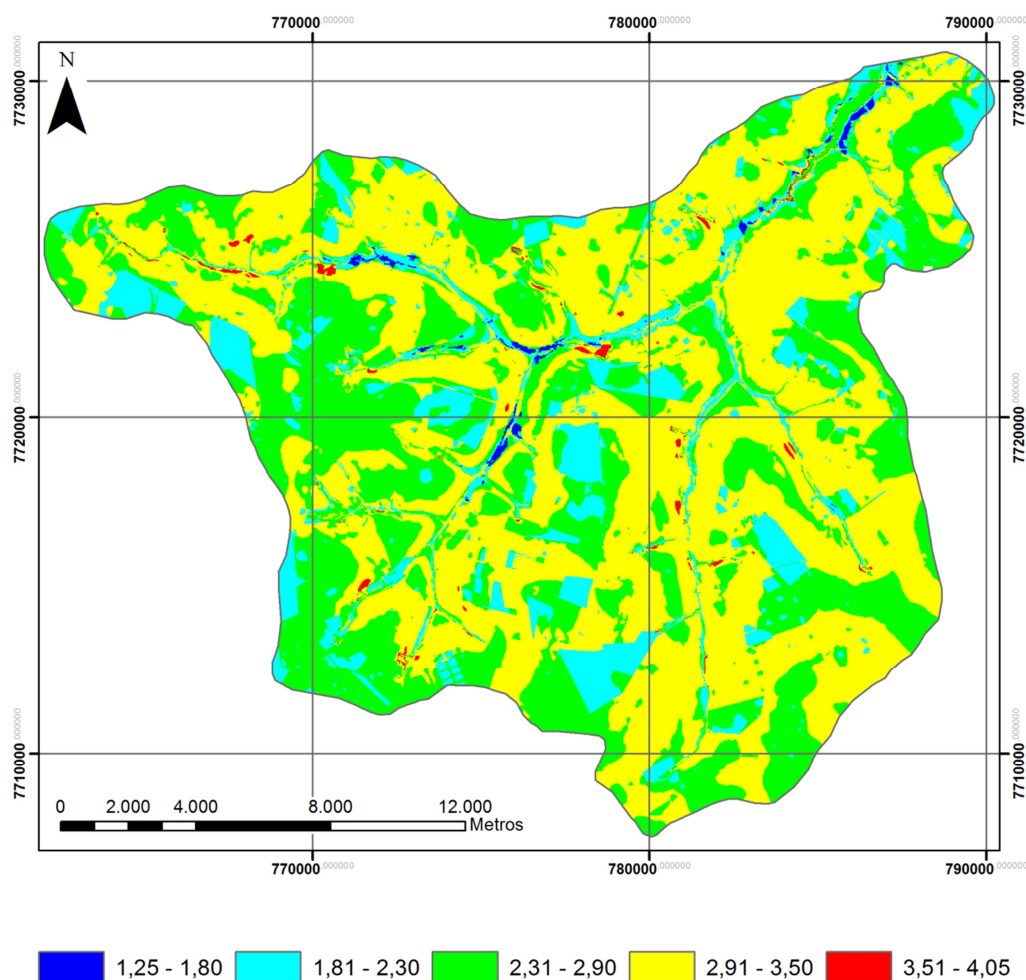


FIGURA 12 – Carta de vulnerabilidade ambiental da bacia do Guariroba.

A partir da carta final de vulnerabilidade ambiental de toda a bacia hidrográfica do Guariroba, os divisores topográficos das microbacias foram digitalizados para melhor estudo, visualização e avaliação da vulnerabilidade ambiental.

Comparando todas as unidades, observa-se que não há diferença acentuada entre elas; a proporção das diversas classificações de vulnerabilidade é equilibrada entre elas, mostrando que as ações podem ser planejadas de forma coletiva e aplicadas de maneira uniforme para todas as microbacias (Figura 13).

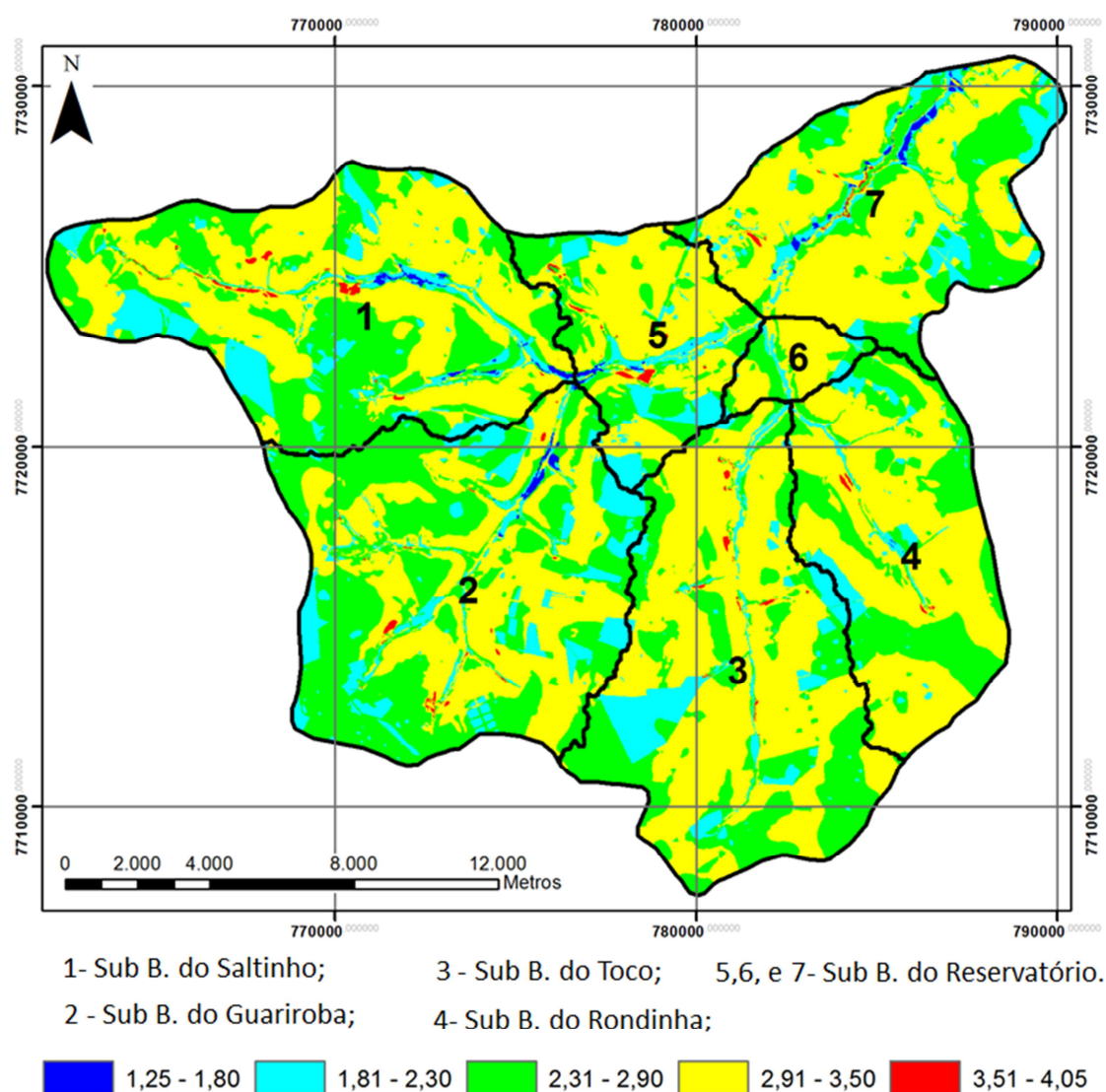


FIGURA 13 – Carta das microbacias do Guariroba com sua vulnerabilidade.

Por meio da carta de vulnerabilidade ambiental da bacia é possível verificar que a vulnerabilidade se expressa da seguinte forma: classe baixa, identificada pela cor azul, abrange a área aproximada de 1,53 km² e percentual de 0,42% da área, possui vulnerabilidade estável; classe baixa a média, identificada pela cor turquesa, abrange a área aproximada de 42,50 km² e percentual de 11,74% da área, possui vulnerabilidade moderadamente vulnerável; classe média, cor verde, área aproximada de 127,72 km² e percentual de 35,30% da área, com vulnerabilidade moderadamente estável vulnerável; classe alta, cor amarela, com área aproximada de 188,63 km² e percentual de 52,13%, tem

a vulnerabilidade classificada como moderadamente vulnerável; classe muito alta, cor vermelha, com área aproximada de 1,48 km² e percentual de 0,41%, tem a vulnerabilidade classificada como vulnerável. Considerando-se que as classes de vulnerabilidade com maior percentual de área são médias, 35,30%, e alta 52,13%, podemos identificar a unidade geomorfológica como suave, correspondendo a 87,43% da área, o que caracteriza a bacia como Moderadamente Estável Vulnerável e Moderadamente Vulnerável.

As principais áreas vulneráveis identificadas apresentaram-se degradadas por ação de processos erosivos, tais como: ravinas e sulcos predominantemente nas áreas (polígonos) identificados pela cor vermelha, conforme representado na tabela 6.

TABELA 6 – Classes de vulnerabilidade ambiental.

CLASSES	COR	CLASSIFICAÇÃO	INTERVALO	ÁREA Km ²	PORCENTAGEM %
Muito alta		Vulnerável	3,51-4,05	1,48	0,41
Alta		Moderadamente Vulnerável	2,91-3,50	188,63	52,13
Média		Moderadamente Estável Vulnerável	2,31-2,90	127,72	35,30
Baixa a média		Moderadamente Estável	1,81-2,30	42,50	11,74
Baixa		Estável	1,25-1,80	1,53	0,42

Na classe vulnerável, de muito alta vulnerabilidade ambiental, são observadas as áreas de maior declividade, de alto potencial erosivo, devido à fragilidade da classe de solo, Neossolo Quartzarênico, de textura predominantemente arenosa e muito susceptível à degradação, principalmente sob condições de uso inadequado. O manejo inadequado do terreno resulta em áreas com baixa fertilidade, sem qualquer vegetação, solos expostos e altamente vulneráveis.

Concomitantemente, na classe moderadamente vulnerável, ou de alta vulnerabilidade ambiental, são constatadas áreas onde a declividade é o fator preponderante. Quando o fator declividade vem conjugado a uso inadequado, com

pastagens mal manejadas em solos de alta fragilidade como são os Neossolos Quartzarênicos, de baixa fertilidade e estrutura deficiente devido aos altos percentuais de areia em sua textura, restam poucas alternativas quanto ao combate à degradação.

Na classe moderadamente estável vulnerável, de média vulnerabilidade, a integração de áreas de menor declividade ao uso predominante da bacia, que é a pastagem sobre o solo de alta vulnerabilidade, resulta em áreas de média vulnerabilidade, com ocupação de grande parte da área analisada.

Por outro lado, na classe moderadamente estável, de baixa vulnerabilidade, observa-se a magnitude do efeito do uso adequado, que proteja o solo sobre a vulnerabilidade, sendo superior sobre a fragilidade do solo e condições referentes à declividade.

Finalmente, a classe estável, de baixa vulnerabilidade, apresenta as áreas protegidas por matas ciliares nas margens dos rios, preservadas com vegetação rasteira ou vegetação subarbusciva, onde ocorrem também solos de menor fragilidade e menores pesos de declividade.

Por meio do cruzamento dos dados das cartas de vulnerabilidade de solo, geologia, declividade e uso e ocupação do solo, usando a geotecnologia, chegou-se à carta final de vulnerabilidade ambiental.

Em seguida, com a referida carta ampliada na área pertencente à microbacia do sub-reservatório, destacando-se a cor vermelha, que é classificada como vulnerável, é feito o comparativo entre a fotografia aérea do plano de manejo, a imagem do Google Earth e a imagem de satélite Ikonos, ficando evidente que a área classificada como vulnerável, na carta final de vulnerabilidade ambiental, é demonstrada a campo pelo assoreamento do rio destacado na fotografia aérea e nas imagens de satélite.

Assim, observando-se o assoreamento a campo, e tendo este sido confirmado na carta de vulnerabilidade como área vulnerável, é validando o estudo. A geotecnologia, com a metodologia aplicada neste estudo, pode ser usada para identificar a vulnerabilidade ambiental em bacia hidrográfica (Figura 14).

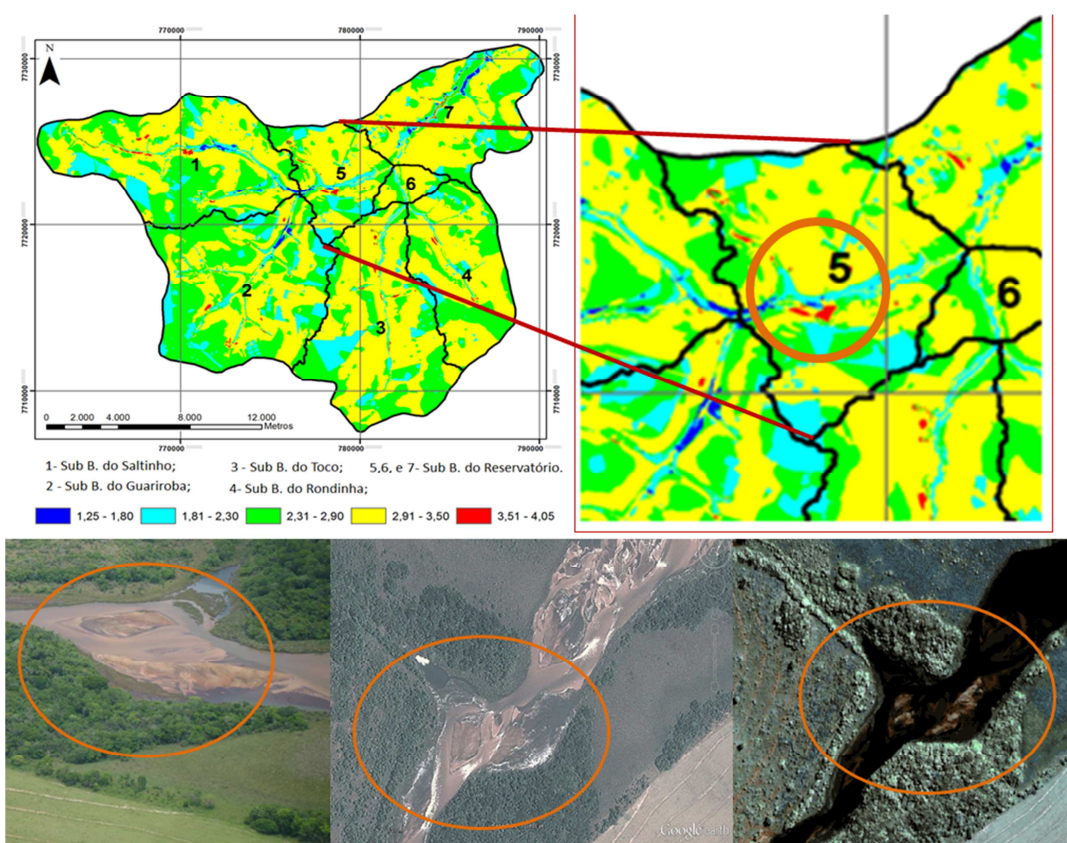


FIGURA 14 – Carta de vulnerabilidade comparada com fotografias.

Fonte: Plano de Manejo, Google Earth e imagem Ikonos.

6. CONCLUSÃO

A metodologia aplicada para avaliar a vulnerabilidade ambiental em bacia hidrográfica mostrou-se eficiente e adequada à realidade da bacia em questão. Trabalhos futuros poderão trazer maiores detalhes ao aplicarem esta mesma tecnologia em imagens com maior resolução. Também podem ser testadas outras classes além das indicadas nesta defesa, para a identificação da vulnerabilidade ambiental.

Observou-se que a classe média, com percentual de 35,30%, e a classe alta, com 52,13%, foram predominantes na APA do Guariroba, ocupando cerca de 87,43% da área, o que caracteriza a bacia como Moderadamente Estável Vulnerável e Moderadamente Vulnerável, fato justificado pelos altos pesos de vulnerabilidade associados ao uso e ocupação de solo (com pastagens degradadas) e pelas classes de solo (Neossolo Quartzarênico Órtico) predominantes.

A geotecnologia mostrou que é possível monitorar, obter dados e ainda manter o histórico da área como parâmetro para ações de desenvolvimento local e de ocupação sustentável, possibilitando que informações geográficas das áreas estejam disponíveis a quem solicitar para melhor administrar a bacia hidrográfica em que esteja inserida.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14.001: Sistema de Gestão Ambiental** –Brasil - 31 Dez, 2005.

ARAGUAIA, Mariana. **Preservação e Conservação Ambiental**. Disponível em: <<http://www.mundoeducacao.com.br/biologia/preservacao-ambiental.htm>>. Acesso em: 04 dezembro 2012.

BITAR, O. Y.; IYOMASA, W. S.; CABRAL JUNIOR, M. **Geotecnologia tendências e desafios** São Paulo, vol.14 n3 julho/setembro 2000.

BUNGENSTAB, D. J. (Editor). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2 Ed. – Brasília, DF: Embrapa, 2012. 239 p.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento em Projetos Ambientais. Tutorial GIS Brasil 98**. Disponível na Internet: <www.dpi.inpe.br/cursos/gisbrasil>. São José dos Campos. INPE. 1996.

CARRIJO, M. G. G. **Vulnerabilidade Ambiental: o caso do Parque Estadual das Nascentes do Rio Taquari**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambientais. UFMS. 2005.

CORINE. Corine Land Cover. Corine - **Coodination of Information on the environment**. 1992. Comm of European Communities, Bruxelas. 106pp.

CPRM. **Serviço Geológico do Brasil, Geologia e Recursos Minerais do Estado do Mato Grosso do Sul**, 2006.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FFLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F.; **Sensoriamento remoto e geoprocessamento**

aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos - INPE, 2001 (INPE-8454-RPQ/722). 123p. 124 p.

EMBRAPA, Centro nacional de pesquisa de solos (Rio de Janeiro). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** – Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa solos 2006.

ESRI - **Environmental Systems Research Institute.** ArcView GIS for the desktop, version 3.2. 1999-2000.

ESRI – **Environmental Systems Research Institute, Inc.** ArcGis™ 10 Professional GIS for the desktop, version 10. Software. 2011.

FIDALGO, E. C. C. **Critérios para a Análise de Métodos e Indicadores Ambientais Usados na Etapa de Diagnóstico de Planejamentos Ambientais.** 2003. 276 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2003.

GRIGIO, A.M. **Aplicação de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental no Município de Guamaré (RN): Simulação de Risco às Atividades,** Natal – RN, março de 2003.

GUARIROBA, - **PLANO DE MANEJO DA APA GUARIROBA. PMCG** – Prefeitura Municipal de Campo Grande Maio 2008 <<http://www.pmcg.ms.gov.br/SEMADUR/downloads/1579PlanodeManejoAPAGuariroba.pdf>> acesso 28 maio 2010.

HEYMANN, Y; STEENMANS, C; CROISILLE, G; BOSSARD, M. **Corine Land Cover Project – Technical Guide. European Commission, Directorate General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, ECS-EEC-EAEC,** Brussels – Luxembourg. 1994. 136 pp.

HURTUBIA, J. **Edologia y desarrollo: evolución y perspectivas del pensamiento ecológico.** In: **Estilos de desarrollo y medio ambiente.** México: Fondo de Cultura Económica, 1980.

JUSBRASIL. <<http://www.jusbrasil.com.br/noticias/1495301/destino-da-apa-do-guariroba-depender-de-vontade-politica-e-elaboracao-de-projetos-o-destino-da-area-de-protecao-ambiental-apa-do-guariroba-responsavel-pelo-abastecimento-de-51-de-agua-potavel-da-capital-que-se-encontra-com-pontos-criticos-de-er/>>

Extraído de: Ministério Público do Estado do Mato Grosso do Sul - 03 de Julho de 2009/ acessado em 12 fev. 2010.

LACERDA FILHO, J. V.; BRITO, R. S. C.; SILVA, M. G.; OLIVEIRA, C. C.; MORETON, L. C.; MARTINS, E. G.; LOPES, R. C.; LIMA, T. M.; LARIZZATTI, J. H.; VALENTE, C. R.; **Geologia e recursos minerais do Estado de Mato Grosso do Sul.** Programa Geologia do Brasil (Convênio CPRM/SICME): Integração, Atualização e Difusão de Dados da Geologia do Brasil. Campo Grande: MMA, Governo do Estado do MS (CONVÊNIO CPRM-SEPROTUR/MS- EGRHP/MS), 2006. 121p. il. + mapas.

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto.** Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2007. 822 p.

MEDEIROS J. S. **Bancos de dados geográficos e redes neutrais artificiais: tecnologias de apoio à gestão do território.** Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 220 p. 1999.

NASCIMENTO, D. M. C.; DOMINGUEZ, J. M. L. **O mapa de vulnerabilidade ambiental como subsídio à gestão da zona costeira: o exemplo da planície costeira de Belmonte-BA.** In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 22, p.1-6. 2005.

NASCIMENTO, D. M. C., DOMINGUEZ, J. M. L. **Avaliação da vulnerabilidade ambiental como instrumento de gestão costeira nos municípios de Belmonte e Canavieiras,** Bahia Rev. bras. geociência. v.39 n.3 São Paulo sep. 2009.

NOBRE, M. F.; GARCIA, G. J. **Avaliação de Três Diferentes Métodos de Análise para a Determinação da Vulnerabilidade Ambiental da Bacia do Rio Corumbataí (SP)** Revista Brasileira de Cartografia No 62/02, 2010. (ISSN 0560-4613).

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERAN FILHO. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: Legenda expandida**. Campinas: Embrapa. 1999. 64p.

PARANHOS FILHO, A. C.; LASTÓRIA, G.; TORRES, T. G. **Sensoriamento Remoto Ambiental Aplicado: Introdução às Geotecnologias**. 1. ed. Campo Grande - MS: Editora UFMS, 2008. v. 1.

RADAM- BRASIL. **Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral**. Folha SF 21 Campo Grande: geologia, geomorfologia e pedologia. Levantamento de Recursos Naturais, 28. Rio de Janeiro, 1982. 416p. il. 5 mapas.

RIBEIRO, F. L.; CAMPOS, S. **Vulnerabilidade à erosão do solo da Região do Alto Rio Pardo**, Pardinho, SP. Engenharia Agrícola e Ambiental v.11, n.6, p.628–636, 2007 Campina Grande, PB, (UAEAg/UFCG – <<http://www.agriambi.com.br>> Protocolo 109.06 – 01/09/2006 •Aprovado em 13/07/ 2007).

RIBEIRO, J. F; WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do Bioma Cerrado**. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (ed). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: Embrapa - CPAC, 1998. 556p.

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. Revista do Departamento de Geografia, n. 8, p. 1-74, USP, 1994.

SANTOS, R. F.; PINHEIRO, A.; COELHO NETO, A.L.; AVELAR, A.S.; ZUFFO, A.C.; PIRES NETO, A.G.; MAFFRA, C.Q.T.; SUERTEGARAY, D.M.A.; MACEDO, E.S., LIMA, J.R., WEILL, M.A.M., MAZZOLA, M., SANTANA, M.O., VEDOVELLO, R.; THOMAZIELLO, S.; CALDEYRO, V.S.; MANTOVANI, W. **Vulnerabilidade**

Ambiental. Desastres naturais ou fenômenos induzidos In: Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2007. 192p.

SAATY, Thomas L. **The Analytic Hierarchy Process: planning, priority setting, resource allocation**. New York: McGraw-hill, 1980. 287 p.

SILVA, C. A.; NUNES, F. P. **Mapeamento de vulnerabilidade ambiental utilizando o método AHP: uma análise integrada para suporte à decisão no município de Pacoti/CE**, XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 5435-5442.

SOUSA C. J. S. **Carta de vulnerabilidade à erosão como subsídio ao zoneamento ecológico-econômico em áreas intensamente antropizadas** Dissertação de Mestrado, São José dos Campos, 1999, INPE, 155 p.

TAGLIANI, C. R. A. **Técnica Para Avaliação da Vulnerabilidade Ambiental de Ambientes Costeiros Utilizando um Sistema Geográfico de Informações**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto XI, Belo Horizonte, 2003. p. 1657-1664.

TIVIROLI, V. A.; PARANHOS FILHO, A. C.; DIODATO, M. A.; GRIGIO, A. M.; FACINCANI, E. M. **Análise da vulnerabilidade natural da bacia do Rio Negro – MS**, 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.659-665. Corumbá, 7-11 novembro 2009,

TRICART J. Ecodinâmica. **Recursos Naturais e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 97p.

VALENTE, R. O. A. **Definição de áreas prioritárias para conservação e preservação florestal por meio da abordagem multicriterial em ambiente SIG**. 2005. 137 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

8. APÊNDICE

9. REGISTROS FOTOGRÁFICOS



FOTO 1. - Córrego Guariroba, próximo a barragem de captação de água.

Fonte: Foto 43 do Plano de Manejo da APA Guariroba

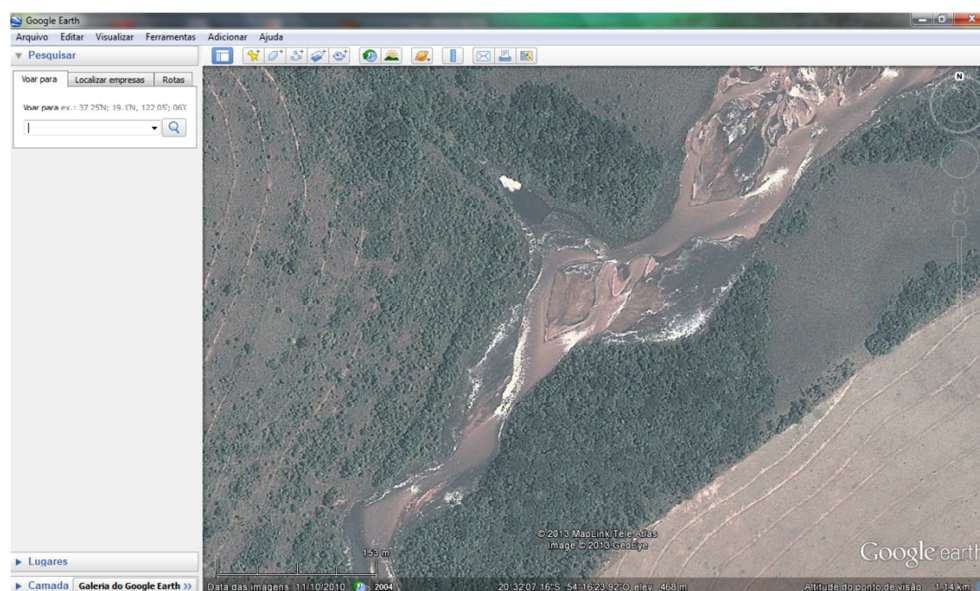


FOTO 2. – Córrego Guariroba, próximo a barragem de captação de água.

Fonte: (Printscreen) <<http://www.google.com/earth/index.html>>. Acesso em 03 Jan. 2013.

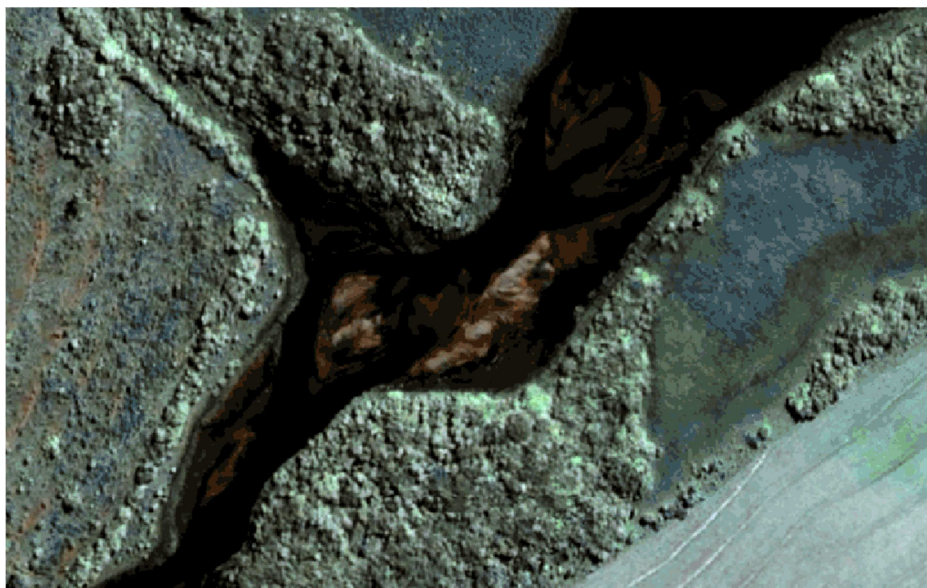


FOTO 3. Córrego Guariroba, próximo a barragem de captação de água.

Fonte: Plano de Manejo, recorte da imagem Ikonos,



FOTO 5. – Lateral de um trecho da estrada de acesso e travessia da bacia, demonstrando a fragilidade do solo.



FOTO 3, 4. – Condições de alguns trechos das estradas internas da bacia, nas chuvas e seca.



FOTO 6. Córrego Rondinha e mata ciliar com vegetação subarbustiva.

Fonte: Plano de Manejo da APA Guariroba



FOTO 7. - Área úmida com vegetação ciliar

Fonte: Plano de Manejo da APA Guariroba



FOTO 8. – Áreas vulnerais e processo de erosão, solo degradado.



FOTO 9. – Aspecto de uma área de vereda, com vegetação de buritizal.



FOTO 10. - Cerrado demonstrando a declividade na bacia



FOTO 11. – Área de pastagens, que representa a maioria da ocupação da bacia.