



Márcia Felícia Silva Santos

Geoprocessamento aplicado ao  
estudo da vulnerabilidade ambiental  
da Serra da Calçada - MG

XV Curso de Especialização em Geoprocessamento  
2014



UFMG  
Instituto de Geociências  
Departamento de Cartografia  
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha  
Belo Horizonte  
[cartografia@igc.ufmg.br](mailto:cartografia@igc.ufmg.br)

Márcia Felícia Silva Santos

Geoprocessamento aplicado ao estudo da vulnerabilidade ambiental  
da Serra da Calçada - MG

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Geoprocessamento do Departamento de Cartografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Especialista em Geoprocessamento.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Úrsula de Azevedo Ruchkys

**BELO HORIZONTE**  
**2014**

S237g  
2014

Santos, Márcia Felícia Silva.

Geoprocessamento aplicado ao estudo da vulnerabilidade ambiental da Serra da Calçada – MG [manuscrito] / Márcia Felícia Silva Santos. – 2014.

45 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientadora: Úrsula de Azevedo Ruchkys.

Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Cartografia, 2014.

Bibliografia: f. 43-45.

1. Geoprocessamento. – 2. Áreas de conservação de recursos naturais. – 3. Calçada, Serra da (MG). I. Ruchkys, Úrsula de Azevedo. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Cartografia. III. Título.

CDU: 528(815.1)

**Geoprocessamento aplicado ao estudo da vulnerabilidade ambiental da  
Serra da Calçada-MG**

**Márcia Felícia Silva Santos**

Monografia defendida e aprovada em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento, em 03 de dezembro de 2014, pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes membros:



---

Prof(a). Úrsula de Azevedo Ruchkys – Orientadora  
UFMG



Prof.<sup>a</sup> Maria Márcia Magela Machado  
Diretora do Instituto de Geociências da UFMG  
Portaria n.º 2.168 de 15/04/2014

---

Prof(a). Maria Márcia Magela Machado  
UFMG

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus pela vida e por conceder-me coragem e serenidade todos os dias, principalmente nos momentos de provas.

Agradeço de modo especial a minha família que mesmo longe se faz presente, apoiando-me incondicionalmente.

Agradeço também a minha orientadora pela paciência, sugestões e recomendações.

À professora Maria Márcia Magela Machado pela participação na banca, pelas correções e sugestões.

Aos meus colegas de curso, especialmente a Dayane e a Jéssica pela convivência, parceria e, principalmente, pela amizade construída.

A todos os professores pela dedicação e pelos ensinamentos extremamente valiosos.

## SUMÁRIO

	Pags
LISTA DE FIGURAS	
LISTAS DE TABELAS E GRÁFICOS	
LISTAS DE SIGLAS E ABREVIACÕES	
CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO.....	11
CAPITULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1 - Vulnerabilidade natural e ambiental.....	13
2.2 - Análise multicritério e algebra de mapas.....	16
CAPITULO 3 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	18
3.1 - Localização.....	18
3.2 - Importância ecológica e econômica.....	19
3.3 - Importância cultural.....	20
CAPITULO 4 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
4.1 - Materiais utilizados.....	22
4.2 - Seleção das variáveis.....	22
4.3 - Organização, tratamento e ponderação.....	23
4.3 - Cruzamento das variáveis.....	32
CAPITULO 5 - RESULTADOS E DISCURSSÕES.....	34
5.1 - Mapa de vulnerabilidade natural.....	34
5.2 - Mapa de risco antrópico.....	36
5.1 - Mapa de vulnerabilidade ambiental.....	38
CAPITULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	43

## LISTA DE FIGURAS

	Pags
Figura 1 - Localização da área de tombamento da Serra da Calçada.....	18
Figura 2 - Fluxograma.....	23
Figura 3 - Área de influência dos cursos d'água.....	25
Figura 4 - Área de influência das vias de acesso.....	26
Figura 5 - Pressão antrópica.....	27
Figura 6 - Declividade.....	28
Figura 7 - Hipsometria.....	29
Figura 8 - Uso e cobertura do solo.....	30
Figura 9 - Geologia.....	31
Figura 10 - Pedologia.....	32
Figura 11 - Mapa de vulnerabilidade natural da área de tombamento da Serra da Calçada.....	34
Figura 12 - Mapa de risco antrópico da área de tombamento da Serra da Calçada.....	37
Figura 13 - Mapa de vulnerabilidade ambiental da área de tombamento da Serra da Calçada.....	39

## LISTA DE TABELAS

	Pags
Tabela 1 – Quadro com graus de vulnerabilidade e cores utilizadas.....	25
Tabela 2 – Notas atribuídas às variáveis hidrografia e vias de acesso.....	26
Tabela 3 – Notas atribuídas à variável pressão antrópica.....	27
Tabela 4 – Notas atribuídas à variável declividade.....	29
Tabela 5.– Notas atribuídas a variável altimetria.....	29
Tabela 6 – Notas atribuídas à variável cobertura vegetal .....	30
Tabela 7 – Notas atribuídas à variável geologia.....	31
Tabela 8 – Notas atribuídas à variável pedologia.....	32
Tabela 9 – Pesos atribuídos às variáveis da carta vulnerabilidade natural, risco antrópico e vulnerabilidade ambiental.....	33

## LISTA DE GRÁFICOS

	Pags
Gráfico 1 – Vulnerabilidade natural.....	35
Gráfico 2 – Vulnerabilidade natural do município de Nova Lima.....	36
Gráfico 3 – Vulnerabilidade natural do município de Brumadinho.....	36
Gráfico 4 – Áreas classificadas com risco antrópico.....	38
Gráfico 5 – Áreas classificadas com risco antrópico do município de Nova Lima.....	38
Gráfico 6 – Áreas classificadas com risco antrópico do município de Brumadinho.....	38
Gráfico 7 – Vulnerabilidade ambiental.....	40
Gráfico 8 – Vulnerabilidade ambiental do município de Nova Lima.....	40
Gráfico 9 – vulnerabilidade ambiental do município de Brumadinho.....	41



## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

APP	Área de Preservação Permanente
IEF	Instituto Estadual de Floresta
IEPHA	Instituto Estadual de Patrimnio Histórico e Artístico de Minas Gerais
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MMA	Ministério de Meio Ambiente
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
SAD69	<i>South American Datum 1969</i>
SIGs	Sistema de Informação Geográfica
SRTM	<i>Shuttle Radar Topographic Mission</i>
UICN	União Mundial para Conservação da Natureza
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura
UTM	Universal Transversa de Mercator

## RESUMO

A criação de áreas de proteção é uma das estratégias adotadas a nível mundial para a conservação dos recursos naturais que ao longo do tempo vem sendo comprometidos de forma significativa. Os estudos de vulnerabilidade constituem uma importante ferramenta para o planejamento e a gestão de maneira eficiente para a conservação destes recursos. Diante disso, essa pesquisa tem como principal objetivo diagnosticar as áreas de vulnerabilidade ambiental da zona de tombamento da Serra da Calçada, por meio do cruzamento de cartas síntese de vulnerabilidade natural e risco antrópico. Para tanto foi utilizada a metodologia de análise multicritério, álgebra de mapas e para a ponderação dos atributos uma adaptação dos pressupostos metodológicos de Crepani et al (2001) e Santos (2010). Os resultados obtidos foram considerados satisfatórios, sendo identificadas as áreas de maior vulnerabilidade natural, sob risco antrópico e, por fim, de vulnerabilidade ambiental.

**Palavras-chave:** Vulnerabilidade Ambiental, Análise Multicritério, Álgebra de Mapas, Serra da Calçada.

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

A relação do homem com o espaço é bem antiga e sempre foi pautada por interferências no ambiente natural visando, na maioria das vezes, o benefício próprio. No princípio da história da humanidade, essa relação era harmônica, sendo marcada pela unicidade do homem com o meio ambiente, onde seu ritmo de trabalho e vida se confundia com o ritmo da natureza. À medida que as sociedades foram evoluindo e se tornando capitalistas, o homem foi aos poucos mudando esta relação harmoniosa, passando a utilizar os recursos naturais de forma a suprir suas necessidades produtivas, apropriando-se cada vez mais do espaço e dando início a uma relação de destruição e predação do meio ambiente.

Com o aprofundamento da divisão capitalista do trabalho, a modernização dos processos produtivos, o crescente aumento populacional concomitante com a urbanização e a aglomeração das pessoas nas cidades, a apropriação do espaço se intensifica. Como consequência produzem-se alterações bastante significativas que comprometem de forma contundente os recursos naturais, colocando em risco a sobrevivência da humanidade.

Buscando minimizar os impactos e garantir a proteção de algumas áreas, vem sendo adotadas estratégias em nível mundial. Dentre estas estratégias merece destaque a criação de áreas naturais protegidas. A União Mundial para a Conservação da Natureza (UICN) as definem como “uma área terrestre e/ou marinha especialmente dedicada à proteção e manutenção da diversidade biológica e dos recursos naturais e culturais associados, manejados através de instrumentos legais ou outros instrumentos efetivos” (UICN, 1994).

Áreas naturais protegidas vêm sendo criadas em todo mundo, inclusive no Brasil que conta hoje com 320 unidades sob proteção federal, que totalizam aproximadamente 76.000.000 hectares de extensão (MMA, 2014). A partir da criação de áreas protegidas é preciso fazer o seu planejamento e gestão de forma eficiente visando garantir a conservação dos recursos naturais ali presentes. Nesse sentido, estudos e pesquisas que abordam as condições do meio e suas potencialidades com a utilização de técnicas de geoprocessamento tornam-se cada vez mais úteis, sendo um conjunto de ferramentas fundamentais no auxílio à tomada de decisão, uma vez que permitem analisar os componentes da geodinâmica da Terra (solo, geomorfologia, geologia, uso e ocupação do solo, entre outros), tornando possível

caracterizar o ambiente e o quanto cada um dos componentes (geodinâmica da terra) contribui para a vulnerabilidade do lugar.

Para LIMA ET AL (2000), a vulnerabilidade de um geossistema pode ser avaliada a partir das características dos meios físicos (solo, rocha, relevo, clima e recursos hídricos), bióticos (tipo de vegetação) e antrópico (uso e ocupação do solo), que tornam o relevo mais ou menos instável ou sujeito a processos erosivos. Segundo FIGUEIRÊDO ET AL (2010), os estudos envolvendo vulnerabilidade usualmente consideram pelo menos um dos seguintes fatores: exposição de um sistema às perturbações, sensibilidade do meio e capacidade adaptativa.

Diante disso, essa pesquisa tem com principal objetivo elaborar um diagnóstico das áreas de vulnerabilidade ambiental da porção norte da Serra da Moeda, especificamente na área de tombamento da Serra da Calçada, pertencente aos municípios de Nova Lima e Brumadinho. Para tanto, será considerado o contexto geológico, geomorfológico, pedológico, hidrográfico e as transformações do espaço.

## CAPITULO 2

### FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 2.1 Vulnerabilidade natural e ambiental.

Existem muitas definições para o termo vulnerabilidade, que pode apresentar diferentes significados, em função do fenômeno a que está relacionado. De acordo com DAGNINO & CARPI JR. (2007) a abordagem da vulnerabilidade pode acontecer em diferentes escalas, seja individual ou coletiva, ou a partir de diversificados temas (social, socioambiental, econômico e ambiental, etc.).

De maneira geral, o termo vulnerabilidade é utilizado na literatura com conotação negativa, sendo associado frequentemente à perda, desastre ou perigo. Sua acepção tem origem do verbo latim *Vulnerare*, cujo significado é ferir, causar danos. Este conceito foi por muito tempo erroneamente associado ao de risco. Segundo REBELO (2003), o risco é uma ocorrência aleatória, uma causalidade ou perigosidade, que nada tem a ver com a vontade humana, ao passo que a vulnerabilidade resulta da presença direta ou indireta do homem. Seu conceito foi incorporado em estudos sobre desastres ambientais e avaliação de risco a partir da década de 1970 e ampliado da década de 1980 (CIDADE, 2013).

De acordo com a definição da ONU (2004), apud MMA (2007), a vulnerabilidade “é considerada como um conjunto de processos, condições resultantes de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, os quais determinam quanto uma comunidade ou elemento em risco estão susceptíveis aos impactos dos eventos perigosos”. Nesta conceituação, o termo está relacionado à exposição ou a propensão ao risco, que alguma pessoa, localidade, infraestrutura ou meio ambiente estão sujeitos, ou ainda sua incapacidade de responder ou se recuperar de danos causados.

No Brasil é crescente o número de pesquisas que abordam a hierarquização espacial e a elaboração de índices de vulnerabilidade, procurando avaliar as desigualdades sociais e ambientais e reduzir os riscos relacionados a eventos naturais e antrópicos. A confecção de cartas de vulnerabilidade natural e ambiental são exemplos e se destacam como um importante instrumento de apoio ao planejamento urbano e ambiental, na medida em que possibilitam realizar diagnósticos para medidas de previsão, prevenção, proteção e mitigação.

Para KLAIS ET AL (2012), a vulnerabilidade natural refere-se à pré-disposição do ambiente de reagir a fatores naturais relacionados com a morfogênese e a pedogênese. Já a vulnerabilidade ambiental “é definida como qualquer susceptibilidade do ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer”.

Os estudos que envolvem tanto a vulnerabilidade natural quanto a ambiental exigem uma análise de forma integrada, sejam dos condicionantes do meio físico, para determinação da vulnerabilidade natural, sejam dos elementos naturais associados aos atributos do meio antrópico para a identificação da vulnerabilidade ambiental.

Para tanto, muitos trabalhos no Brasil tem utilizado a Teoria Sistêmica da Geografia, proposta por Jean Tricart (1977), denominada de Ecodinâmica. Tricart define um sistema como um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Por este conceito, os sistemas quando estão em equilíbrio dinâmico, são estáveis, quando em desequilíbrio, são instáveis.

A idéia de sistema torna possível adotar uma atitude dialética entre a necessidade da análise das partes e, da mesma maneira, da visão de conjunto. Tal visão propicia um entendimento eficaz sobre o meio ambiente, contribuindo assim para os estudos de vulnerabilidade e, portanto, para o Planejamento Ambiental.

Segundo TRICART (1977), “o conceito de sistema é atualmente o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas ambientais”. Entre os estudiosos que empregam os conceitos formulados por TRICART (1977) estão ROSS (1990; 1994) e CREPANI ET AL (2001).

Para ROSS (1994) os estudos integrados de um determinado território pressupõem o entendimento da dinâmica de funcionalidade do ambiente natural com ou sem as intervenções humanas. Desta forma, a construção do Zoneamento Ambiental deve adotar procedimentos metodológicos que busquem compreender as características e a dinâmica dos condicionantes do meio físico e antrópico, com o propósito de integrar as diversas disciplinas científicas específicas através de uma síntese do conhecimento acerca do objeto pesquisado. O autor destaca ainda que a “análise empírica da fragilidade exige estudos básicos de relevo, do subsolo, do solo, do uso e cobertura da terra e do clima”.

Além da teoria dos sistemas, as ferramentas e metodologias de geoprocessamento têm possibilitado o estudo integrado da realidade, potencializando a análise ambiental. Dentre as ferramentas englobadas pelo geoprocessamento estão o processamento digital de imagens, a cartografia digital e os sistemas de informações geográficas (SIGs). Sua aplicação permite abstrair a realidade e transferi-la para o ambiente computacional, contribuindo para a representação e o cruzamento de dados georeferenciados, bem como para a aquisição de informações/conhecimento (MOURA, 2007).

Conforme ROCHA (2000) o geoprocessamento é definido como:

“uma tecnologia transdisciplinar que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para a coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados”.

O trabalho desenvolvido por CREPANI ET AL (2001) é um dos muitos exemplos do emprego das ferramentas do geoprocessamento e sensoriamento remoto na análise da vulnerabilidade ambiental. Sua proposta é a elaboração de cartas de vulnerabilidade associadas à perda de solos para fins de ordenamento territorial, a partir dos princípios da Ecodinâmica de TRICART (1977). Para o autor, a vulnerabilidade natural deve considerar os elementos do meio físico, tais como: geologia, geomorfologia, cobertura vegetal, declividade, altimetria, solos e clima. Para cada um destes elementos são atribuídos valores referentes à vulnerabilidade, como destacado abaixo:

Para a atribuição de valores na escala de vulnerabilidade procurou-se destacar, em cada um dos temas, os parâmetros que se apresentam como indicadores de categoria morfodinâmica (como a espessura e maturidade do solo), ou aqueles capazes de influir decisivamente no desenvolvimento dos processos morfodinâmicos (como o grau de coesão das rochas, a densidade de cobertura vegetal, os índices morfométricos do terreno e a intensidade pluviométrica).

GRIGIO (2003) diagnostica a vulnerabilidade natural e ambiental do município de Guamaré (RN), utilizando as ferramentas do sensoriamento remoto, sistema de informação geográfica (SIGs) e a integração de variáveis, visando o monitoramento ambiental ligado à atividade petrolífera e à determinação de áreas segundo o índice de vulnerabilidade associados aos impactos ambientais resultantes das ações naturais e antrópicas.

NASCIMENTO & DOMINGUEZ (2009) identificam a vulnerabilidade ambiental através do procedimento metodológico da análise multicritério, ou seja, a integração de

condicionantes do meio físico e antrópico, em ambiente SIG. Entre as variáveis escolhidas para a determinação da vulnerabilidade estão: a geologia, a pedologia, a declividade, a vegetação e o uso e cobertura do solo. O trabalho foi confeccionado com o intuito de utilizar o mapeamento como instrumento de apoio à gestão e ao desenvolvimento da zona costeira do sul da Bahia.

Grande parte dos estudos envolvendo a vulnerabilidade ambiental tem sido desenvolvida com uso do método de análise multicritério por meio de álgebra de mapas. Esta técnica consiste na atribuição de notas e pesos para as classes das variáveis que definem o grau de importância dos fatores envolvidos na análise gerando mapas que mostram os diferentes níveis de vulnerabilidade de uma região.

## **2.2 Análise multicritério e álgebra de mapas**

A análise multicritério é uma técnica que surgiu nos anos 1960 e têm sido amplamente empregada como instrumento de apoio à decisão. É definida como um procedimento metodológico no qual é possível realizar o cruzamento de dados, cuja base é a organização das informações em camadas sobrepostas, no qual são hierarquizadas, assim como seus atributos componentes, conforme o grau de pertinência (MOURA 2007).

Por meio dela é possível analisar simultaneamente diversas variáveis para a resolução de problemas complexos, uma vez que subsidia a escolha de alternativas para solucioná-los de acordo com diferentes critérios e pontos de vista. Nesse sentido, a análise multicritério constitui-se numa importante ferramenta destinada à elaboração de análises espaciais de caracterização e planejamento, inclusive de cenários futuros.

Na análise espacial sua utilização depende do emprego de sistemas de informações geográficas (SIGs) para a seleção e combinação das variáveis mais relevantes para a análise, sendo utilizada em situações em que envolvam mais de um atributo para o evento estudado. Em seu funcionamento devem-se considerar apenas atributos que atingem diretamente o objetivo especificado e arquivos em formato matricial.

Conforme MOURA (2007)

“O procedimento de análise de multicritério é muito utilizado em geoprocessamento, pois se baseia justamente na lógica básica da construção de um SIG: seleção das principais variáveis que caracterizam



um fenômeno, já realizando um recorte metodológico de simplificação da complexidade espacial; representação da realidade segundo diferentes variáveis, organizadas em camadas de informação; discretização dos planos de análise em resoluções espaciais adequadas tanto para as fontes dos dados como para os objetivos a serem alcançados; promoção da combinação das camadas de variáveis, integradas na forma de um sistema, que traduza a complexidade da realidade; finalmente, possibilidade de validação e calibração do sistema, mediante identificação e correção das relações construídas entre as variáveis mapeadas”.

Por outro lado, a álgebra de mapas nada mais é do que um processo em que estão envolvidos operações matemáticas de modelagem de dados manipulados em ambiente SIG, geralmente representados em mapas. Um dos primeiros autores a se referir ao termo álgebra de mapas, foi TOMLIN (1990), apud CORDEIRO (2001), sendo o termo popularizado por meio do livro “Geographic Information System and Cartographic Modeling”. Para ele

“os elementos da álgebra de mapas consistem de mapas que associam a cada local de uma dada área de estudo um valor quantitativo (escalar, ordinal, cardinal ou intervalar) ou qualitativo (nominal). Dito de outra forma, o modelo de dados adotado por Tomlin consiste desses tipos de dados, ficando o significado das operações a eles aplicadas ao encargo do modelador”

## CAPITULO 3

### CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 Localização

A região de estudo possui cerca de 3,8 hectares de área e pertence à Serra da Calçada, maciço que corresponde à porção norte da Serra da Moeda. Ambas, inseridas no contexto geológico do Quadrilátero Ferrífero. A Serra da Calçada está situada na interseção dos municípios de Nova Lima e Brumadinho, fazendo divisa com o Parque Estadual da Serra do Rola Moça (MINAS GERAIS, 2009). A localização da área de estudo é apresentada na Figura 1. O Quadrilátero Ferrífero encerra um rico patrimônio natural e abriga várias unidades de conservação. Além disto, está dentro da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço, reconhecida pela UNESCO, em 2006, e pelo Governo do estado de Minas Gerais, como um geoparque aspirante a Rede Global de Geoparques da UNESCO.

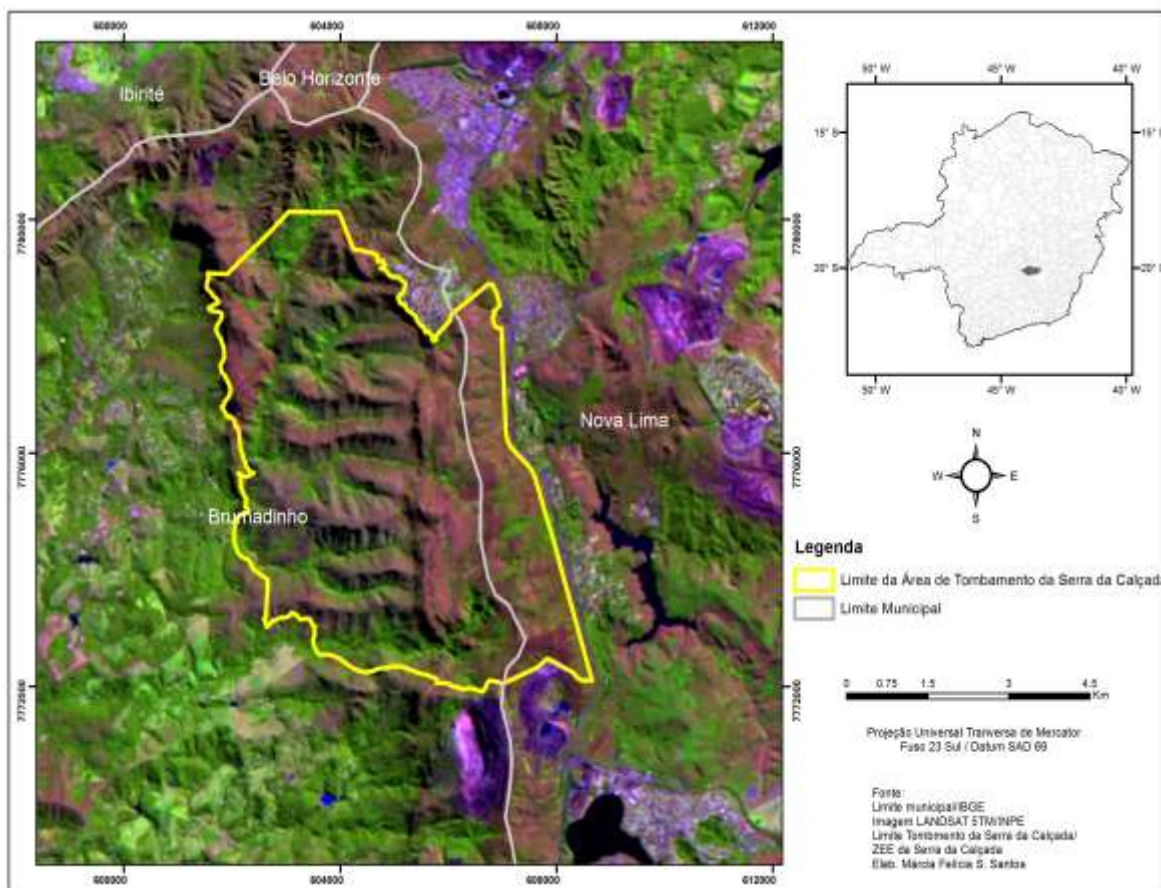


Figura 1: Localização da área de tombamento da Serra da Calçada

Em 2008, o Conjunto Histórico e Paisagístico da Serra da Calçada foi tombado provisoriamente pelo Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico (IEPHA), com

o objetivo de preservar seu imenso patrimônio natural, geológico, espeleológico, histórico, cultural, turístico e paisagístico das interferências antrópicas, sobretudo do setor imobiliário, do turismo predatório e das atividades de mineração.

Embora tenha sido tombada, a área apresenta problemas, principalmente em seu entorno imediato. Por razões políticas, o tombamento envolve apenas a área mais preservada da Serra. Nas adjacências observam-se a presença de áreas urbanas, mineradoras, pastagens e reflorestamentos, e muitas delas são limítrofes à zona de conservação.

### **3.2 Importância ecológica e econômica**

Geomorfologicamente a região apresenta gradientes hipsométricos acentuados, compostos de cristas, cumes e picos, que dividem duas importantes bacias hidrográficas que abastecem a Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH): a do Rio Paraopeba e a do Rio das Velhas. Ambas pertencem à bacia do Rio São Francisco e são extremamente importantes para a formação dos mananciais superficiais e subterrâneos da região. A Serra da Calçada juntamente com a Serra da Moeda, além de servirem como divisor entre as duas bacias, funcionam também como uma imensa área de captação pluvial, sustentando centenas de nascentes em suas encostas e aquíferos no subsolo.

Por ser uma região serrana e por estar inserida no limite de dois dos mais importantes biomas do país, o Cerrado e a Mata Atlântica, a área abriga grande biodiversidade, tanto em termos vegetacionais como também de fauna. Estes dois biomas são considerados *hotpost*, ou seja, áreas prioritárias para a conservação, uma vez que apresentam alto grau de endemismo e encontram-se extremamente alterados pela ação do homem. Para se ter uma idéia da diversidade vegetal da região, em apenas uma pequena parte da Serra da Moeda é possível observar “florestas estacionais semidecíduais, matas ripárias, florestas montanas ou “capões de altitude”, campo cerrado, cerrado sensu strictu, campos rupestres quartzíticos, graníticos e campos rupestres ferruginosos” (JACOBI, 2008).

Estudos realizados na Serra da Calçada e no Parque Estadual da Serra do Rola Moça indicam uma flora com mais de 1.000 espécies, sendo várias endêmicas, e com mais de 40 espécies de plantas consideradas em risco de extinção no estado. No caso da fauna, os registros são mais escassos, porém representa a mesma importância ecológica. A região

apresenta 31 espécies de mamíferos, 35 espécies de anfíbios e mais de 170 espécies de aves, e algumas delas, em risco de extinção (MINAS GERAIS, 2009).

Do ponto de vista geológico a região se insere em uma das províncias minerais mais importantes do mundo, o Quadrilátero Ferrífero. Apresenta uma litologia bastante complexa, antiga e rica em minerais de elevado valor econômico, como o ferro, o ouro e o manganês.

“É constituída por três grandes conjuntos de rochas de origem arqueana e paleoproterozoica, como o complexo metamórfico de rochas cristalinas (Complexo Bonfim e Complexo Belo Horizonte); a seqüência do tipo *greenstone belt* representada pelo Supergrupo Rio das Velhas; as seqüências metassedimentares paleo e mesoproterozóicas compreendidas pelo Supergrupo Minas, Grupo Sabará e Grupo Itacolomi” (Ruchkis, 2012).

Tal composição litológica fez da região um importante polo de exploração mineral, cujos registros datam do século XVII, quando se deu a descoberta do ouro. Atualmente o Quadrilátero Ferrífero é responsável por aproximadamente metade da produção mineral do Estado de Minas Gerais e, conseqüentemente, de uma parcela relevante dos índices nacionais (CAMPOS, 2012).

### **3.3 Importância Cultural**

A exploração mineral iniciada no século XVII, no contexto do ciclo do ouro, foi um dos principais responsáveis pelo povoamento do Quadrilátero ferrífero que se deu inicialmente nas regiões dos atuais municípios de Sabará, Mariana e Ouro Preto. Tal ocupação deixou vestígios históricos, que se constituem atualmente em um rico patrimônio arqueológico, ou seja, um testemunho essencial sobre as atividades humanas do passado pertencente a toda a sociedade (CAMPOS, 2012).

Estudos relevam que o patrimônio arqueológico na região é bem mais extenso e relevante do que se imaginava. Antigamente, o patrimônio arqueológico na área se restringia a Ruína do Forte, da Casa da Moeda Falsa e das Calçadas (Forte e Moeda). Hoje se sabe da existência de

“sítios pré-históricos de caçadores-coletores, comunidades, antigas fazendas, quilombos, sítios de mineração (de diferentes minerais, funcionalidades e épocas), distintas estradas (entre elas a Real), pousadas coloniais, fortes, sítios associados a ferrovias, igrejas, entre outros, são

alguns dos vestígios materiais identificados que testemunham o longo processo de formação da sociedade mineira” (MINAS GERAIS, 2009).

## CAPITULO 4

### MATERIAIS E MÉTODOS

#### 4.1 Materiais utilizados

Neste estudo foram utilizadas as bases cartográficas vetoriais disponibilizadas pelo Relatório de Zoneamento Ecológico-Econômico da APA Sul e pelo Zoneamento Ecológico-Econômico da Serra da Moeda, ambas na projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), Datum SAD 69, em escala de 1:50.000. Além destes dados, foram utilizadas também a imagem digital de elevação do terreno, SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) fornecida pelo Projeto TOPODATA, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE e a imagem do satélite RapidEye (2010), adquirida junto ao Instituto Estadual de Floresta – IEF. O software utilizado neste trabalho foi o ArcGis 9.3.

#### 4.2 Metodologia

##### 4.2.1 Seleção de variáveis

Os procedimentos empregados consistem numa adaptação de duas propostas metodológicas: a primeira refere-se à aplicação de sensoriamento remoto e geoprocessamento para produção de cartas de vulnerabilidade à perda de solo, para subsidiar a criação de Zoneamento Ecológico e Econômico, elaborado por CREPANI ET AL (2001), e a segunda diz respeito à aplicação de geoprocessamento para a identificação de áreas de fragilidade ambiental, desenvolvida por SANTOS (2010).

Para a confecção da carta de vulnerabilidade natural, as variáveis foram selecionadas conforme estabelecido nos pressupostos metodológicos de CREPANI ET AL (2001). No seu estudo ele menciona as variáveis: geologia, pedologia, geomorfologia, declividade, altimetria, cobertura vegetal e clima. Como a área de estudo é relativamente pequena, a variável clima não foi empregada. Foi acrescentada mais uma variável que é considerada relevante para discriminar as áreas de fragilidade natural: a hidrografia, composta por cursos d'água e pelas nascentes. Para esta variável adotou-se a metodologia formulada por SANTOS (2010).

Na metodologia usada por SANTOS (2010) ainda é considerado o mapa de risco antrópico. Nesta análise são levadas em consideração as seguintes variáveis: tipos de uso antrópico

(área urbana, pastagem, reflorestamento, mineração) e vias de acesso (as trilhas e estradas) dentro e nas adjacências da área de estudo. As etapas de trabalho estão descritas no fluxograma representado pela Figura 2.

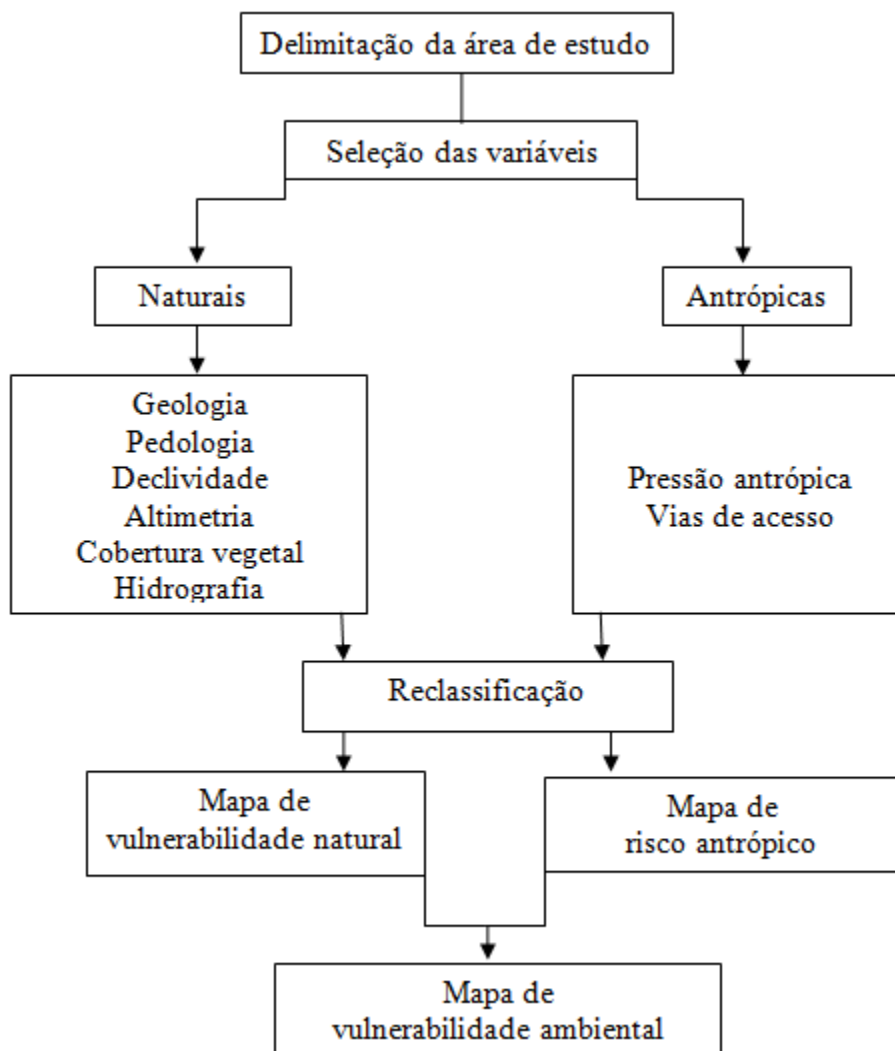


Figura 2: Fluxograma

#### 4.2.2 Organização, tratamento e ponderação

Primeiramente, foram extraídas do Zoneamento Ecológico-Econômico da APA Sul as informações cartográficas de geologia, pedologia, hidrografia, vias de acesso e de uso e cobertura do solo. Os dados referentes à declividade e altimetria foram obtidos por meio da imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), do projeto TOPODATA/INPE. Após esta etapa inicial, as variáveis selecionadas foram convertidas para o mesmo sistema de coordenadas (Projeção UTM, Datum SAD 69 FUSO 23 Sul).

A delimitação da área de estudo foi feita de acordo com o limite da área de tombamento da Serra da Calçada e consiste em um retângulo representado pelas coordenadas 599909 / 7781067 (canto superior esquerdo) e 610228 / 7771265 (canto inferior direito). Este recorte foi escolhido para obtenção de informações sobre o uso antrópico, vias de acesso, hidrografia, declividade e altimetria. Posteriormente, esta mesma delimitação foi utilizada para conversão dos arquivos vetoriais para matriciais.






A definição das áreas de influência das nascentes e cursos d'água foi feita com base na Lei 14309/2002, que determina as áreas de preservação permanente (APP). Para as vias de acesso foi utilizada a zona de servidão, conforme SANTOS (2010). As Figuras 3 e 4 mostram os mapas originados neste processo.

Para a elaboração do mapa de pressão antrópica foram utilizados os tipos de uso antrópico (áreas urbanas, locais onde se desenvolvem atividades de mineração, pastagens e reflorestamentos) dentro e no entorno imediato da zona tombada. Para a delimitação das áreas de influência do uso antrópico foi adotado o método estatístico de *Euclidean Distance* que mede as distâncias dos elementos analisados em relação à área de estudo. Neste mapa, definiram-se cinco classes, pelo método de quebras naturais, que representam os graus de pressão antrópica que a área tombada está sendo submetida (Figura 5).

A ponderação das variáveis hidrografia (cursos d'água e nascentes), vias de acesso e pressão antrópica foi fundamentada na metodologia construída por SANTOS (2010). Em sua pesquisa é empregado o método DEFHI, no qual especialistas atribuem notas e pesos para os atributos de cada variável, de acordo com o grau de pertinência. Os valores estipulados oscilam de 1 a 10 e os pesos de 0 a 100 %. Assim, quanto maior forem as notas e os pesos, mais elevado será o risco ou o grau de vulnerabilidade, dos atributos ou das áreas de influência. Novos valores foram estipulados descrevendo os cinco graus de vulnerabilidade, conforme estipulado na Tabela 1. As notas atribuídas a cada elemento que compõe estas variáveis são apresentadas nas Tabelas 2 e 3.



Tabela 1: Quadro com graus de vulnerabilidade e cores utilizadas

Notas	Grau de Vulnerabilidade	Cores
1	Muito Baixa	
2	Baixa	
3	Média	
4	Alta	
5	Muito Alta	

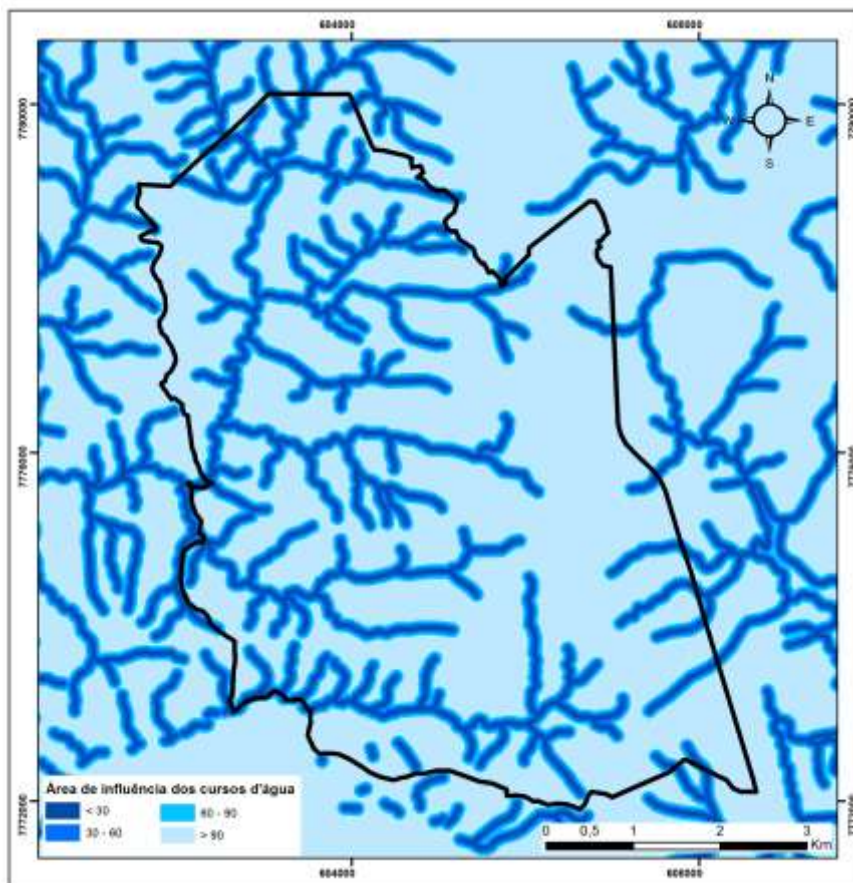


Figura 3: Área de influência dos cursos d'água

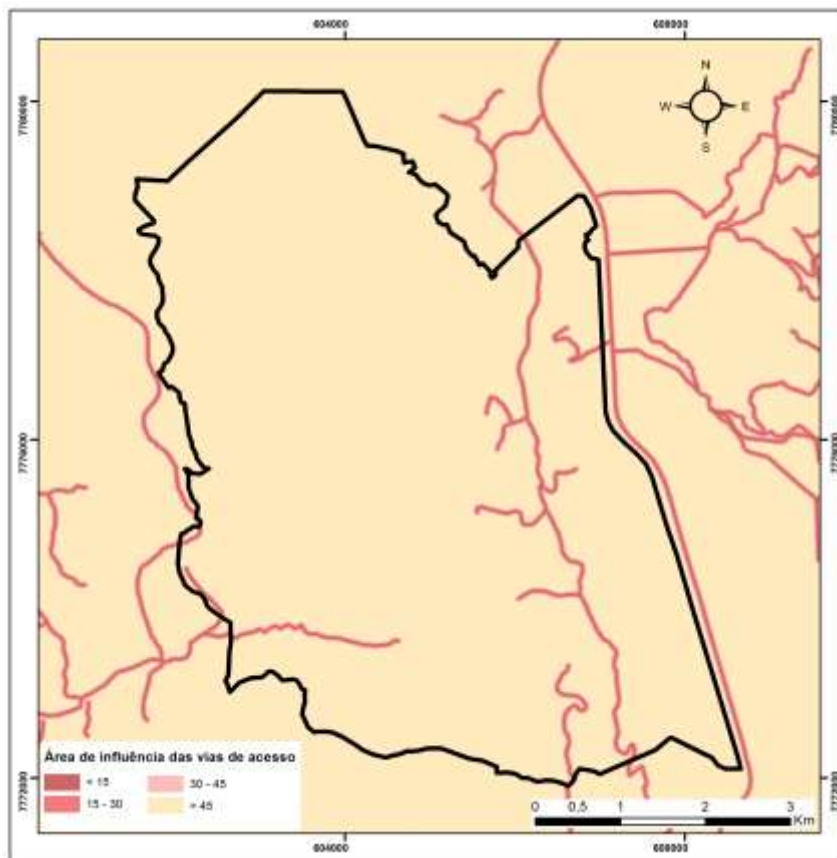


Figura 4: Área de influência das vias de acesso

Tabela 2: Notas atribuídas às variáveis hidrografia e vias de acesso

Variáveis	Elementos		Notas
	Cursos d'água	Nascentes	
Hidrografia	< 30	< 50	5
	30 - 60	50 - 100	3
	60 - 90	100 - 150	2
	> 90	> 150	1
Vias de acesso	< 15		5
	15 - 30		3
	30 - 45		2
	> 45		1

Fonte: Adaptada de SANTOS (2010)

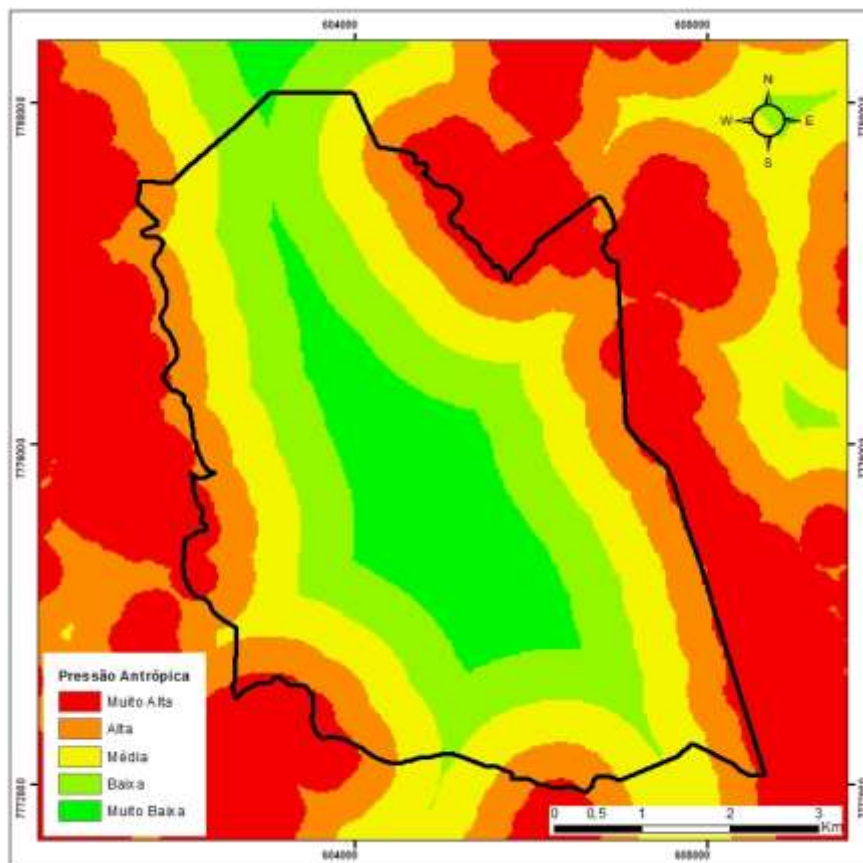


Figura 5: Pressão antrópica

Tabela 3: Notas atribuídas à variável pressão antrópica

Variável	Elementos	Notas
<b>Pressão Antrópica</b>	< 273	5
	273 – 694	4
	694 - 1.199	3
	1.999 – 1799	2
	> 1799	1

Fonte: Adaptada de SANTOS (2010)

Na confecção do mapa de declividade foram definidas sete classes que variam de 0 a valores maiores que 100 %. Conforme a Lei 14309/2002, os valores de declividade superiores a 100% ou acima de 45° são consideradas áreas de preservação permanente (APP), por essa razão foram agrupadas em uma mesma categoria (Figura 6). A determinação das classes hipsométricas foi elaborada a partir da imagem SRTM/TOPODATA. Neste tema foram estabelecidas 8 classes que variam de 100 em 100 metros, como mostrado na Figura 7. Tais classes foram estipuladas considerando a grande variação altimétrica da área pesquisada.

A base cartográfica de uso e cobertura do solo, por contemplar apenas a área pertencente à APA Sul, não apresenta dados na porção sudoeste, por isso foi completada por meio da classificação manual, no software ArcGis 9.3, na escala 1:30.000 (Figura 8). Para a elaboração dos mapas de geologia e pedologia considerou-se a classificação apresentada nas bases originais, sendo exibidos nas Figuras 9 e 10. Todos os mapas temáticos produzidos foram compilados na escala 1:50.000 e, posteriormente, convertidos para o formato matricial, com tamanho do pixel de 30 metros.

A ponderação das variáveis declividade, altimetria, cobertura vegetal, geologia e pedologia foi feita com base na metodologia de Crepani et al (2001). O autor adota critérios qualitativos para cada variável, atribuindo notas para cada um dos elementos que as compõem. É importante ressaltar que a escala de valores especificados pelo autor são fracionados e variam entre 1 e 3. Sendo assim, o índice de vulnerabilidade mais baixo corresponde ao valor 1 e o mais alto ao valor 3. Tendo como referência esta escala de vulnerabilidade, também foram adotados novos valores segundo o grau de influência que cada elemento exerce na fragilidade, sendo compreendidos entre 1 e 5 (Tabela 4, 5, 6, 7 e 8).

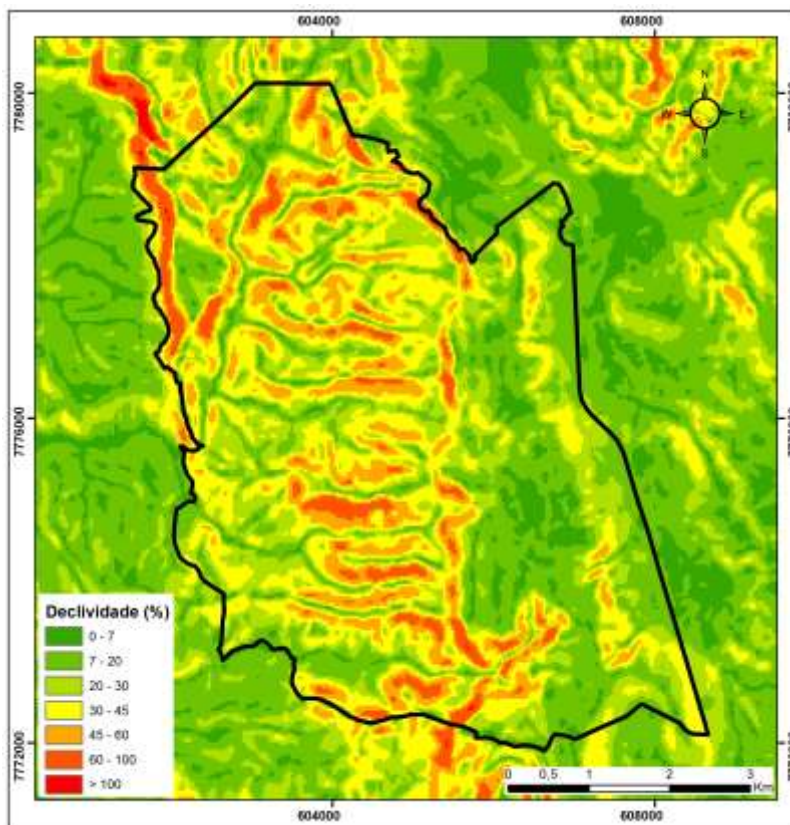


Figura 6: Declividade

Tabela 4: Notas atribuídas a variável declividade

Variável	Elementos	Notas
Declividade	< 20	1
	20 – 45	2
	45 – 60	3
	60 – 100	4
	> 100	5

Fonte: Adaptada de CREPANI ET AL (2001)

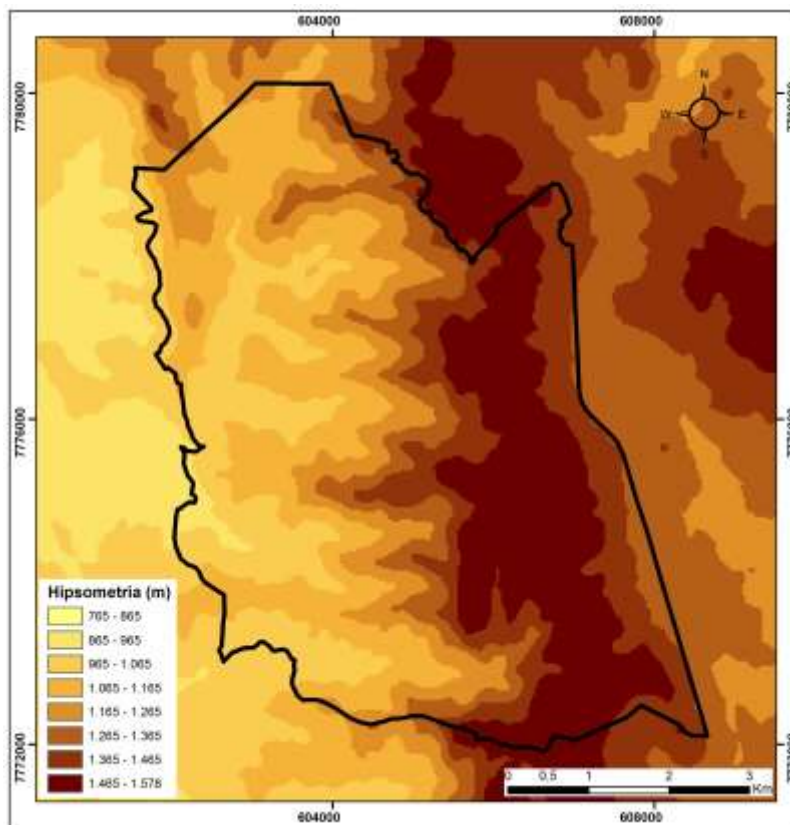


Figura 7: Hipsométrico

Tabela 5: Notas atribuídas à variável altimetria

Variável	Elementos	Notas
Altimetria	< 900	1
	900 – 1100	2
	1100 – 1300	3
	1300 – 1400	4
	> 1400	5

Fonte: Adaptada de CREPANI ET AL(2001)



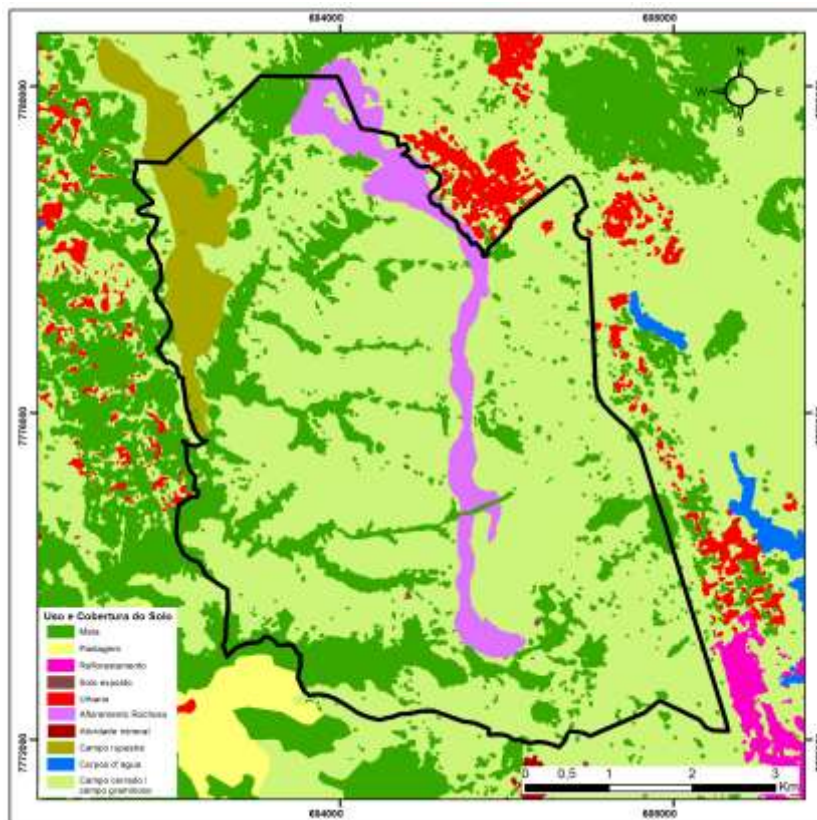


Figura 8: Uso e cobertura do solo

Tabela 6: Notas atribuídas à variável cobertura vegetal

Variável	Elementos	Notas
Cobertura do Solo	Afloramento Rochoso	3
	Mata	4
	Campo cerrado, campo gramíneo	5
	Campo rupestre	5
	Pastagem	5
	Solo exposto	5
	Area Urbana	5

Fonte: Adaptada de CREPANI ET AL (2001)

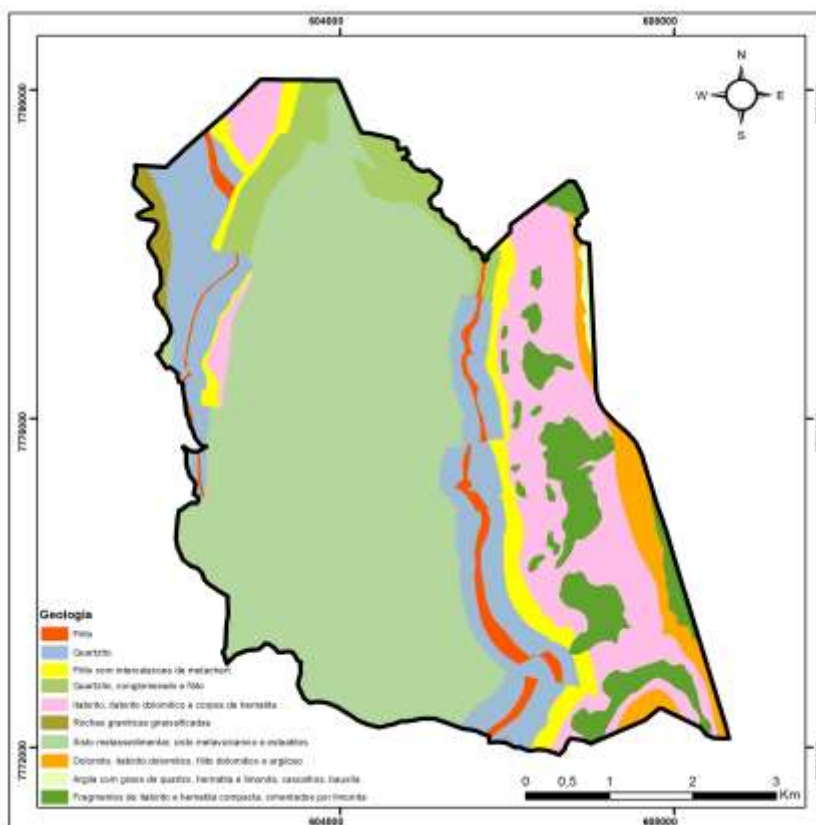
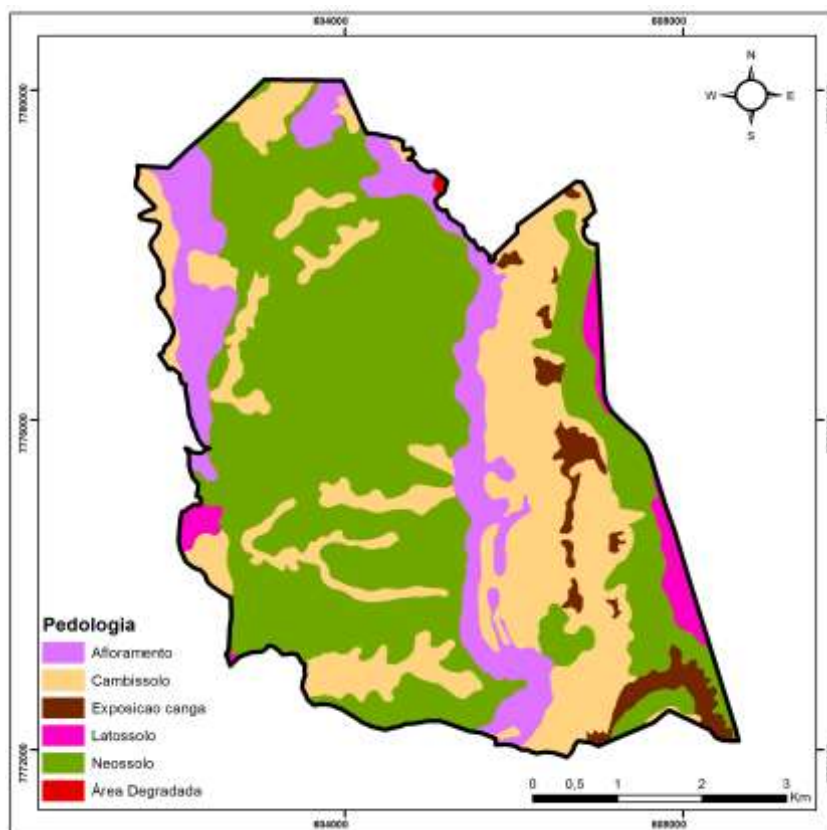


Figura 9: Geologia

Tabela 7: Notas atribuídas à variável geologia

Variável	Elementos	Notas
Geologia	Quartzito	1
	Quartzito, conglomerado e filito	2
	Rochas graníticas gnaissificadas	2
	Itabirito, itabirito dolomítico e corpos de hematita	2
	Xisto metassedimentar, xisto metavulcânico e esteatitos	3
	Filito	3
	Filito com intercalações de metachert	3
	Fragmentos de itabirito e hematita compacta, cimentados por limonita	4
	Argila com grãos de quartzo, hematita e limonita, cascalhos, bauxita	5
Dolomito, itabirito dolomítico, filito dolomítico e argiloso	5	

Fonte: Adaptada de CREPANI ET AL (2001)



**Figura 10: Pedologia**

**Tabela 8: Notas atribuídas à variável pedologia**

Variável	Elementos	Notas
Solos	Latossolo	1
	Exposição a canga	1
	Cambissolo	3
	Neossolo	4
	Afloramento	5
	Urbano	5

Fonte: Adaptada de CREPANI ET AL (2001)

#### 4.2.3 Cruzamento das variáveis

As variáveis depois de convertidas para o formato raster foram reclassificadas de acordo com as notas estipuladas. Após a execução deste processo, os dados resultantes foram submetidos ao processo de álgebra de mapas, por meio da equação de soma. Nesta mesma operação, são atribuídos também pesos a cada variável, de acordo com o respectivo grau de influência na vulnerabilidade. Os pesos atribuídos às variáveis da carta de vulnerabilidade natural, risco antrópico e vulnerabilidade ambiental estão descritos na Tabela 9. Dessa etapa, obtém-se mapas sínteses, com os graus de vulnerabilidade natural, de risco antrópico, e por fim, o mapa de vulnerabilidade ambiental, ambos determinados pelo método de quebras naturais.



**Tabela 9: Pesos atribuídos às variáveis da carta de vulnerabilidade natural, risco antrópico e vulnerabilidade ambiental**

<b>Carta</b>	<b>Variáveis</b>	<b>Pesos</b>
<b>Vulnerabilidade Natural</b>	Geologia	30
	Pedologia	15
	Declividade	15
	Altimetria	15
	Cobertura vegetal	15
	Cursos d'água	5
	Nascentes	5
<b>Risco Antrópico</b>	Pressão antrópica	70
	Vias de acesso	30
<b>Vulnerabilidade Ambiental</b>	Vulnerabilidade natural	70
	Risco antrópico	30

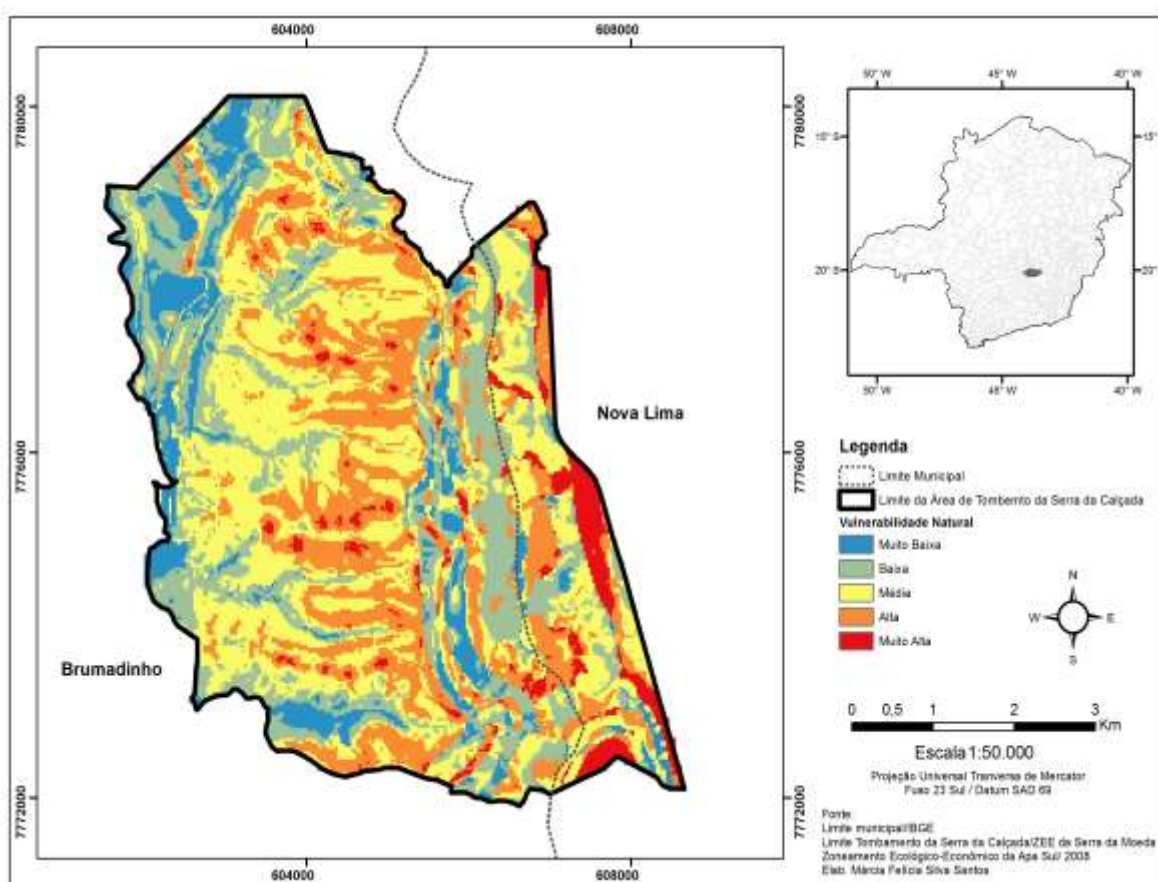
Fonte: Adaptada de CREPANI ET AL (2001) & SANTOS (2010)

## CAPITULO 5

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 5.1 Mapa de Vulnerabilidade Natural

Para a confecção do mapa de áreas de vulnerabilidade natural da Serra da Calçada apresentado na figura 11, foram utilizadas as variáveis: geologia, pedologia, cobertura vegetal, altimetria, declividade e hidrografia (cursos d'água e nascentes).



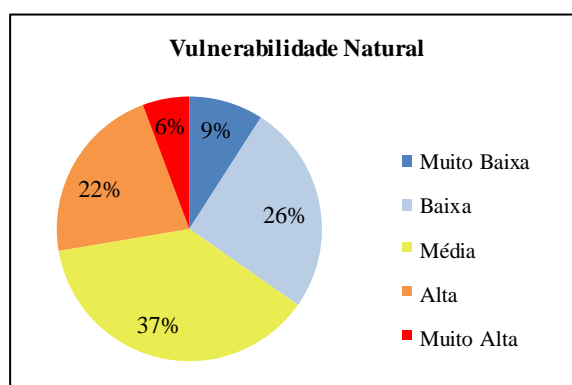
**Figura 11: Mapa de vulnerabilidade natural da área de tombamento da Serra da Calçada**

Por meio deste mapa é possível perceber que as áreas que indicam vulnerabilidade muito baixa a baixa são aquelas em que a vegetação predominante é densa e a declividade atinge índices baixos. É observado também que existem áreas em que a declividade, apesar de acentuada e de caracterizar-se por vegetação rasteira, apresenta igualmente índices de vulnerabilidade muito baixa a baixa. Neste caso, esses índices são influenciados pela baixa susceptibilidade geológica. Em outras áreas, embora a declividade seja elevada e o solo seja mais susceptível, a vulnerabilidade apresenta os mesmos índices acima (muito baixa ou baixa) em função da cobertura vegetal, demonstrando sua importância na proteção do

solo, e conseqüentemente, em uma menor degradação ambiental. Estão localizadas predominantemente nas porções norte, noroeste, oeste e numa faixa central delineada no sentido norte/sul.

As áreas de média a alta vulnerabilidade predominam na porção central e são fortemente influenciadas pela declividade e pela pedologia. Aquelas classificadas com fragilidade muito alta estão diretamente relacionadas à geologia, às nascentes, à declividade e, concomitantemente, à vegetação mais rasteira (campo cerrado/campo gramíneo). Estão localizadas na porção sudeste e leste e em alguns pontos da região central.

Em termos numéricos, as áreas de vulnerabilidade média e baixa são as mais representativas, somando ao todo 63% da zona tombada. Em seguida vêm as regiões categorizadas com vulnerabilidade alta com 22%. Aquelas classificadas com vulnerabilidade muito alta apresentam um percentual de 6%, enquanto que as rotuladas com índice de vulnerabilidade muito baixa correspondem a 9% do total (Gráfico 1). Observa-se que as áreas de vulnerabilidade média, alta e muito alta juntas totalizam um percentual de 63%, indicando que a maior parte da área analisada merece uma atenção especial.



**Gráfico 1: Vulnerabilidade natural**

Da área de tombamento, 20% pertence ao município de Nova Lima e 80% ao município de Brumadinho. A maior parte da área representada pelo município de Nova Lima apresenta vulnerabilidade oscilando entre média a muito alta, assim como a área conferida ao município de Brumadinho totalizando, respectivamente, 68% e 66% (Gráficos 2 e 3). Cabe acrescentar que as áreas classificadas como muito alta no município de Nova Lima representam 16% enquanto que as pertencentes ao município de Brumadinho equivalem a 3%.

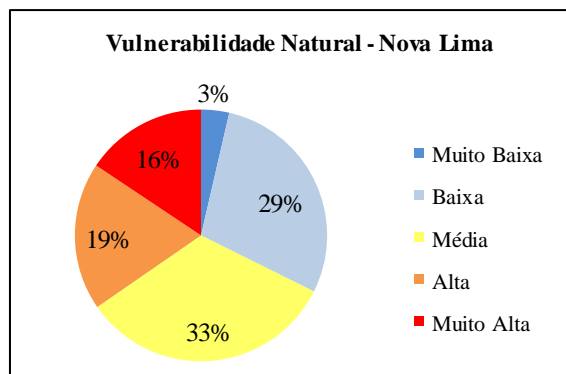


Gráfico 2: Vulnerabilidade natural do município de Nova Lima

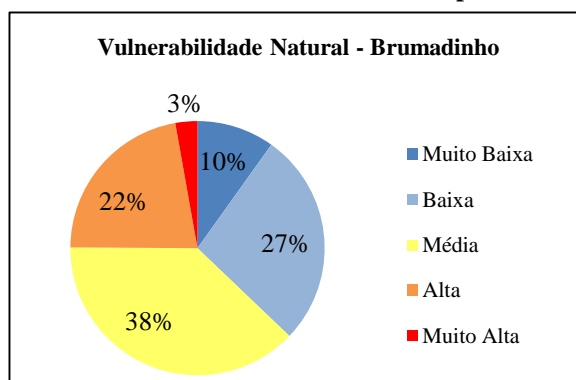
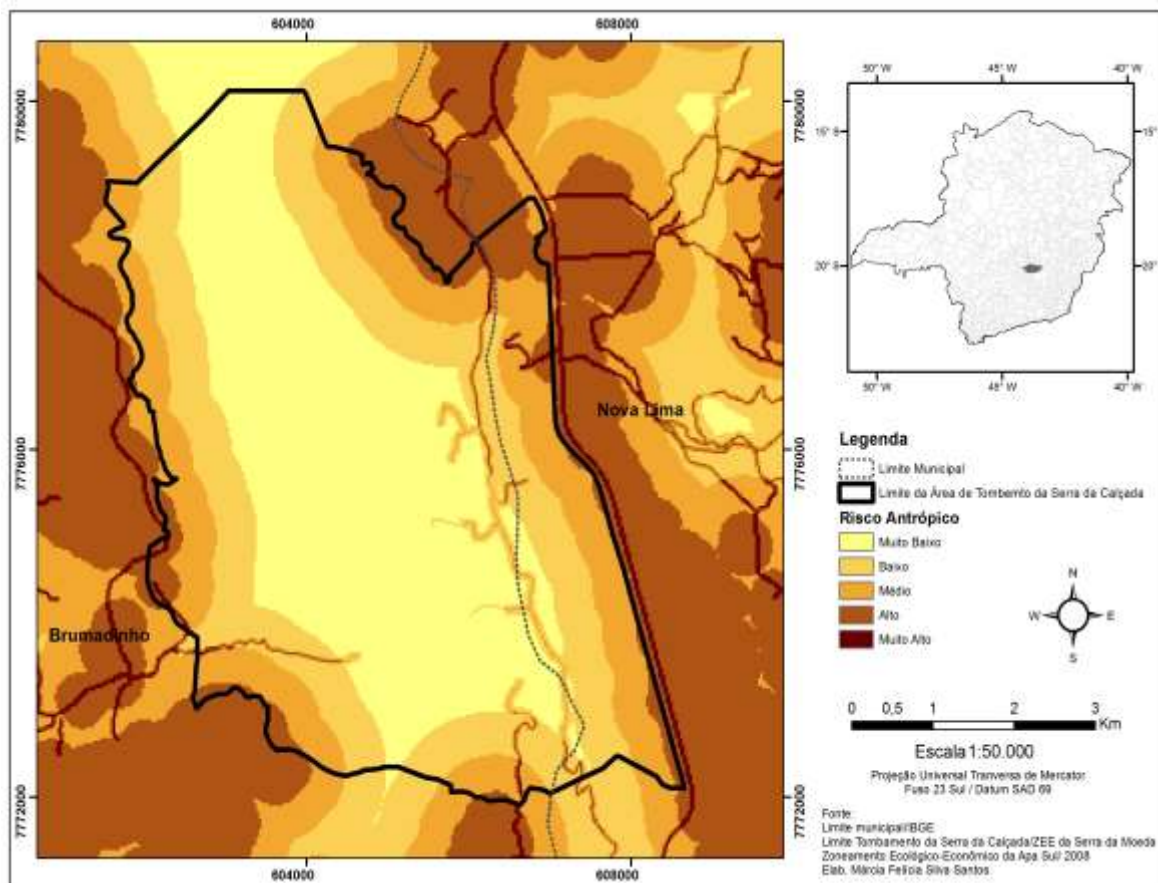


Gráfico 3: Vulnerabilidade natural do município de Brumadinho

## 5.2 Mapa de risco antrópico

O mapa de risco antrópico foi elaborado a partir da variável pressão antrópica e vias de acesso (estradas e trilhas). Tal mapa é apresentado na figura 12. Nele é possível observar que as áreas com menor risco estão concentradas na porção central indo em direção à porção noroeste, onde se localiza o Parque Estadual da Serra do Rola Moça, que é limítrofe à zona tombada. Essas áreas estão associadas a um maior distanciamento dos elementos antrópicos que se situam em sua maioria fora dos limites da região analisada.

No mapa também é representado faixas de médio a alto risco relacionadas à proximidade de elementos antrópicos, como os locais onde são desenvolvidas atividades minerais, condomínios urbanizados, reflorestamentos e pastagens. As áreas identificadas com risco muito alto estão ligadas às vias de acesso, mostrando a relevância deste elemento na impactação da região, decorrentes da deposição de lixo, atropelamento de animais silvêstres e da possibilidade de propagação de incêndios. É importante ressaltar que as vias de acesso, quando associadas às áreas de menor pressão antrópica, não apresentam o mesmo risco, uma vez que as variáveis cruzadas não possuem a mesma natureza, sendo uma zonal e a outra linear.



As áreas de risco antrópico com percentual mais representativo são as classificadas como muito baixo e baixo que compreendem 90% da área tombada. Aquelas categorizadas com risco antrópico médio, alto e muito alto totalizam 10% (Gráfico 4).

Das áreas pertencentes ao município de Nova Lima, as mais numerosas são aquelas classificadas com risco antrópico médio (44%) e baixo (35%), enquanto que a menos numerosa é aquela identificada com risco antrópico muito alto, com apenas 1% (Gráfico 5). No município de Brumadinho, as áreas classificadas com risco antrópico muito baixo e baixo representam 80%, enquanto que as de risco médio, alto e muito alto totalizam 20% (Gráfico 6).

Observa-se que o percentual de risco antrópico médio, alto e muito alto da parte pertencente ao município de Nova Lima juntos, atingem 59%, enquanto que Brumadinho registra aproximadamente 20%. Com estes dados, pode-se dizer que a área de responsabilidade do município de Nova Lima apresenta um maior índice de áreas sob risco antrópico, carecendo, portanto, de maior cuidado.

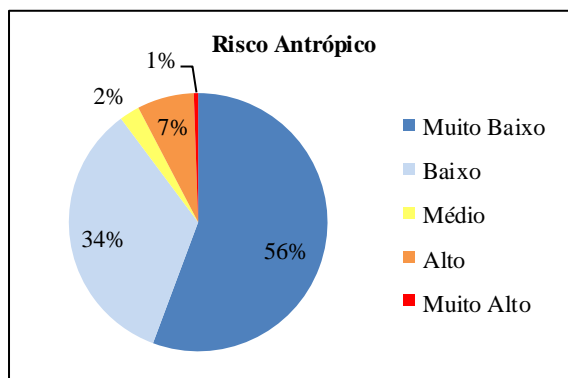


Gráfico 4 : Risco Antrópico

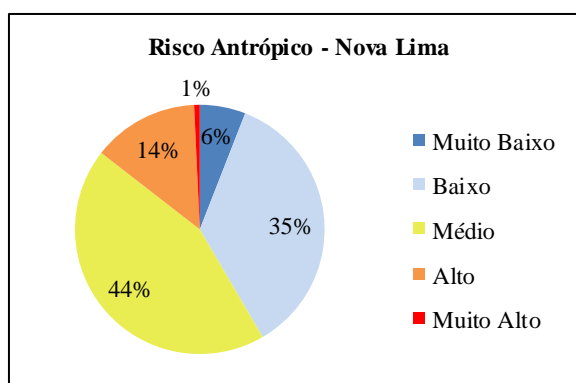


Gráfico 5: Risco Antrópico do município de Nova Lima

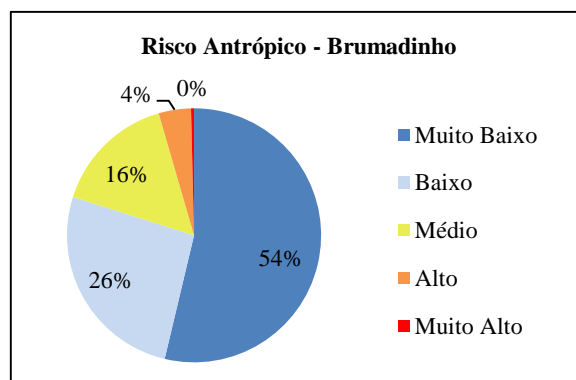
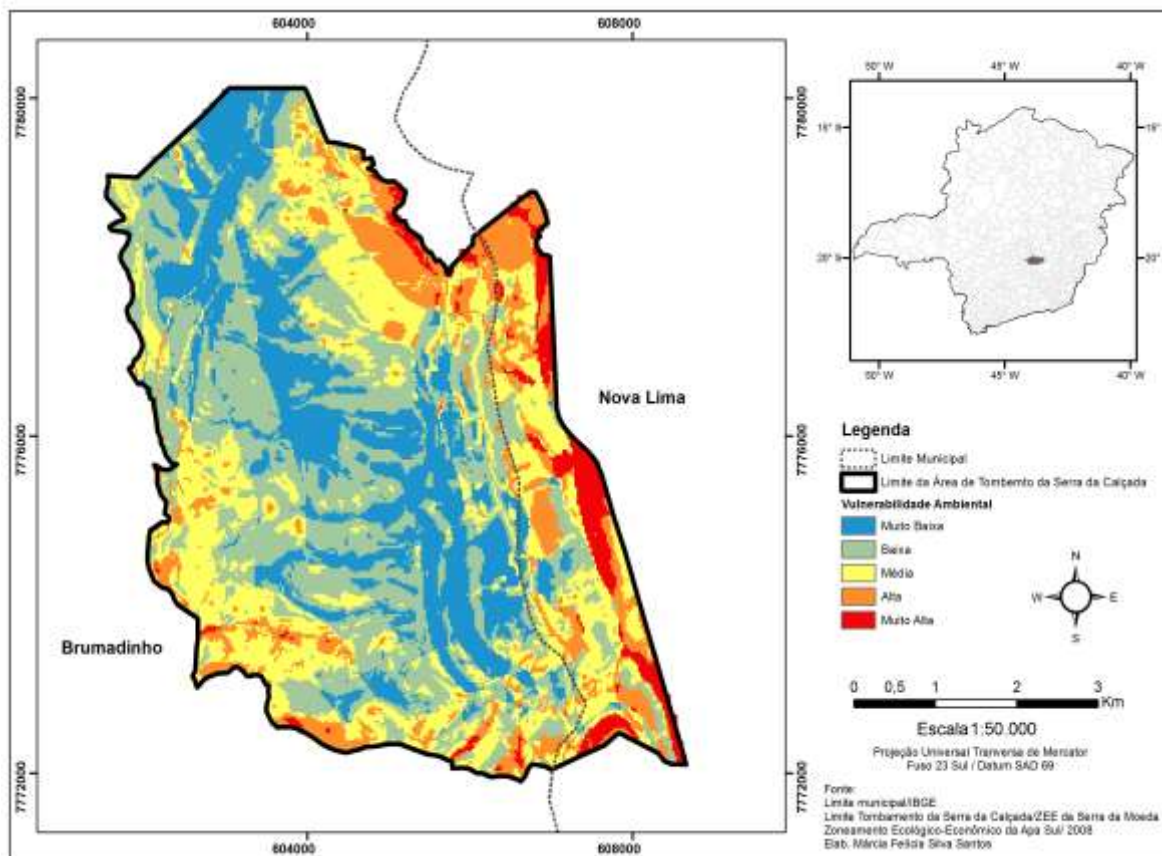


Gráfico 6: Risco Antrópico do município de Brumadinho

### 5.3 Mapa de vulnerabilidade ambiental

O mapa de vulnerabilidade ambiental é resultado do cruzamento do mapa de vulnerabilidade natural com o mapa de risco antrópico (figura 13). Os pesos atribuídos aos dois mapas foram 70% e 30%, respectivamente. Por meio dele é possível obter uma análise integrada das variáveis do meio físico e antrópico, permitindo apontar as áreas de vulnerabilidade ambiental da área de tombamento da Serra da Calçada.



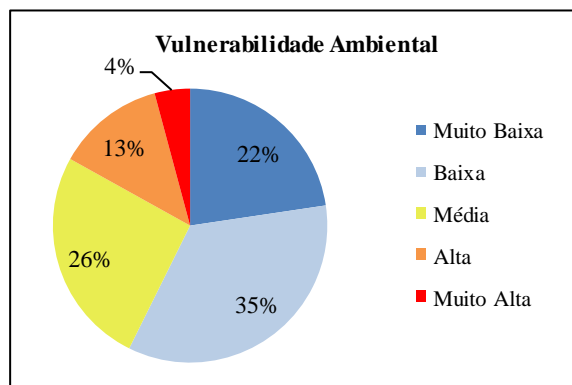
**Figura 13: Mapa de vulnerabilidade ambiental da área de tombamento da Serra da Calçada**

No mapa é possível observar que a região central e a noroeste são caracterizadas pelos menores índices de vulnerabilidade ambiental (muito baixa a baixa), indicando que uma maior distância dos usos antrópicos interfere diretamente para os menores graus de vulnerabilidade ambiental. A porção noroeste que faz divisa com o Parque Estadual da Serra do Rola Moça exemplifica bem essa questão. Por ser uma área de proteção ambiental e não possuir área urbana, pastagem e nem atividade de mineração em seus domínios ou nas proximidades do limite das duas zonas, favorece a conservação da área de tombamento, apresentando índices de vulnerabilidade ambiental muito baixa a baixa.

As áreas com vulnerabilidade média, alta e muito alta se concentram na borda da área de tombamento, o que demonstra um grau de influência relevante da variável risco antrópico. As áreas de vulnerabilidade ambiental muito alta coincidem com as áreas de vulnerabilidade natural muito alta devendo ser levadas em consideração pelos gestores da área proteção quando forem elaborar o plano de manejo, propondo maneiras de evitar ou minimizar a sua degradação.



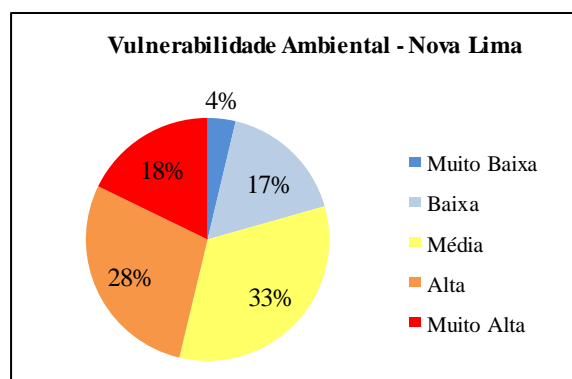
As áreas de vulnerabilidade ambiental mais representativas são as categorizadas como muito baixa a baixa registrando um percentual de 57%, enquanto que as áreas que variam de média a muito alta correspondem a 43%, como mostrado no Gráfico 7.



**Gráfico 7: Vulnerabilidade ambiental**

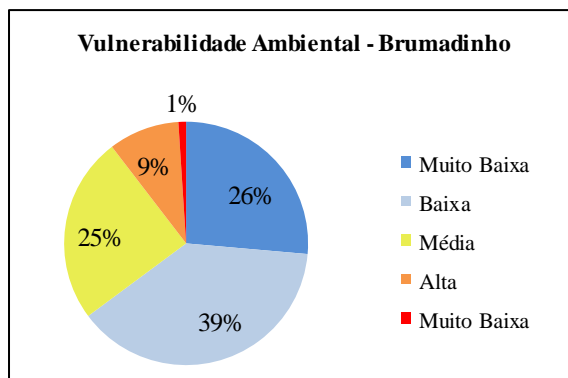
Analisando os dados por município observa-se o predomínio das áreas de vulnerabilidade identificadas como média, alta e muito alta no município de Nova Lima, que juntas somam 79%. As áreas categorizadas como muito baixa a baixa vulnerabilidade equivalem a 21% (Gráfico 8). Os dados de vulnerabilidade ambiental referentes ao município de Brumadinho são classificados predominantemente como muito baixa e baixa, com um total de 65%. As áreas de média, alta e muito alta vulnerabilidade perfazem um conjunto de 35% (Gráfico 9).

Ao comparar os dois municípios, percebe-se que as áreas mais vulneráveis ambientalmente se concentram em sua maioria na porção pertencente ao município de Nova Lima. Cabe portanto às autoridades realizarem uma gestão adequada de tais áreas, utilizando medidas para se evitar a sua degradação.



**Gráfico 8: Vulnerabilidade ambiental no município de Nova Lima**





**Gráfico 9: Vulnerabilidade ambiental no município de Brumadinho**

## CAPITULO 6

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos permitem apontar algumas considerações importantes sobre a análise realizada na zona de tombamento da Serra da Calçada, conforme demonstrado nos mapas gerados. A metodologia utilizada no presente estudo permitiu identificar as áreas de maior vulnerabilidade, sua localização, seu tamanho e os principais elementos que influenciam na fragilidade referentes aos aspectos naturais, antrópicos e, principalmente, ambiental.

É importante destacar que embora os resultados se mostrem consistentes com o emprego das variáveis selecionadas e a ponderação aplicada, outros elementos, notas e pesos poderiam ser utilizados para uma análise mais completa da fragilidade. Entretanto, foi possível discriminar e espacializar as áreas mais problemáticas e que carecem de uma maior atenção dos gestores.

Vale ressaltar também que o método estatístico de *Euclidean Distance* empregado na confecção do mapa de pressão antrópica, uma das variáveis utilizadas na carta de risco antrópico, foi capaz de mostrar a influência do entorno no interior e, sobretudo, nas bordas da área de tombamento, influenciando diretamente a determinação das áreas de maior risco antrópico e, conseqüentemente, aquelas de maior vulnerabilidade ambiental.

Com este estudo foi possível compreender que a avaliação da vulnerabilidade fornece uma estrutura para entender onde é vulnerável e por que, bem como para identificar as causas naturais e ambientais dos impactos. Por essa razão, os estudos envolvendo essa temática constituem uma importante ferramenta de apoio ao planejamento e a gestão eficiente das áreas de proteção, bem como para a conservação dos recursos naturais ali presentes.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei estadual N°14309/2002. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5306>> acesso em 11 de Out de 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Rozely Ferreira dos Santos, org. Brasília, 2007. 192 p.

CAMPOS, L. C. M.; **Patrimônio arqueológico da Serra da Moeda, Minas Gerais: uma “unidade histórico-cultural”**. Revista CPC, São Paulo, n.13, p. 6-31, nov. 2011/abr. 2012

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; FILHO, P. H.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CIDADE, L. C. F.; **Urbanização, ambiente, risco e vulnerabilidade: em busca de uma construção interdisciplinar**. São Paulo, Cad. Metrop., v. 15, n. 29, pp. 171-191, jan/jun 2013.

CORDEIRO, J. P.; BARBOSA, C.; CÂMARA, G.; Álgebra de Campos e Objetos. In: CAMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V.; **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São Jose dos Campos, INPE. 2001. Disponível em: [www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap8-algebra.pdf](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap8-algebra.pdf). Acesso em 01 de Nov. de 2014.

DAGNINO, R. de S.; CARPI JR. S.: **Risco ambiental: conceitos e aplicações. Climatologia e Estudos da Paisagem**. Rio Claro - Vol.2 - n.2 - julho/dezembro/2007, p. 50.

FIGUEIRÊDO, M.C.B.; VIEIRA, V. P. P. B.; MOTA, S.; ROSA, M. F.; MIRANDA, S. **Análise da Vulnerabilidade Ambiental**. Fortaleza-CE: Embrapa Agroindústria Tropical 2010. Disponível em: [http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5719/Documentos\\_127.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5719/Documentos_127.pdf?sequence=1). Acesso em 03 de Out. de 2014.

GRIGIO, A.M. **Aplicação de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica na determinação da Vulnerabilidade Natural e Ambiental do Município de Guamaré (RN): simulação de risco às atividades da Indústria Petrolífera**. 2003. 222p. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica) – Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN. 2003.

JACOBI, C. M.; CARMO, F.F.: **Diversidade dos campos rupestres ferruginosos**. Megadiversidade Volume 4. N° 1-2 . Dezembro 2008. Disponível em: <[http://www.conservation.org.br/publicacoes/files\\_mega4/03\\_diversidade\\_dos\\_campos\\_rupestres\\_ferruginosos\\_no\\_quadrilatero\\_ferifero\\_mg.pdf](http://www.conservation.org.br/publicacoes/files_mega4/03_diversidade_dos_campos_rupestres_ferruginosos_no_quadrilatero_ferifero_mg.pdf)> acesso em 10 de out. de 2014.

LANDSAT TM 5. Escala 1:100.000. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007. Imagem de satélite. Canais 3, 4, 5 e composição colorida 3, 4 e 5.

LIMA, L. C.; MORAIS, J. O.; SOUZA, M. J. N. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: UNECE, 2000.

KLAIS, T. B. A.; DALMAS, F. B.; MORAIS, R. P.; ATIQUE, G.; LASTORIA, G.; FILHO, A. C. P.: **Vulnerabilidade natural e ambiental do município de Ponta Porã**, Mato Grosso do Sul, Brasil. Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science: v. 7, n.2, 2012

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa. Comissão Especial das Serras da Calçada e da Moeda. **Relatório final/Comissão Especial das Serras da Calçada e da Moeda** - Belo Horizonte. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. 2009. 88 p.

MOURA, A. C. M. **Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em análises multicritérios**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento, Florianópolis, p. 2899-2906, 2007.

NASCIMENTO, D. M. C.; DOMINGUEZ, J. M. L.: Avaliação da vulnerabilidade ambiental como instrumento de gestão costeira nos municípios de Belmonte e Canavieiras, Bahia, Revista Brasileira de Geociências, p.395-408, 2009. Disponível em: <<http://www.sbgeo.org.br>> acesso em 06 de Out de 2014.

RAPIDEYE. Escala 1: 18.000. Belo Horizonte: Instituto Estadual de Floresta. 2010. Imagem Satélite. Canais 234.

REBELO, F. **Riscos naturais e ação antrópica**. Coimbra: Imprensa da Universidade, 2003.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar**. Juiz de Fora: Ed. do Autor, 2000.

ROSS, J. L. S. **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados**. In: Revista do Departamento de Geografia, nº8, FFLCH-USP, São Paulo, 1994.

RUCHKIS, U. A; MACHADO, M. M. M. **Oficinas de sensibilização para conservação de sítios geológicos do Quadrilátero Ferrífero**. Minas Gerais, Brasil. Terrae didatica Vol. 8 no. 1 Campinas, 2012. Disponível em: <<http://www.ige.unicamp.br/ojs/index.php/terraedidatica/article/view/1076>> acesso em 11 de Out. 2014.

SANTOS, A. A. **Geoprocessamento Aplicado a Identificação de Áreas de Fragilidade Ambiental do Parque Estadual Serra do Rola Moça**, Belo Horizonte. 2010. p39. Monografia - Especialização em Geoprocessamento, Departamento de Cartografia – IGC/UFMG.

SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION. Escala: 1:250.000. São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem de Radar Projeto Topodata.

TRICART, J.: **Ecodinâmica**. Rio De Janeiro: IBGE, 1977. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ecodinamica.pdf>> acesso em 13de Out. de 2014.

UICN, Commission National Parks and Protected Areas with the assistance of the World conservation Monitoring Centre; Guidelines for Protected Area Management Categories. 1994.

ZEE, Zoneamento Ecológico-Econômico da APA Sul. CPRM. 2005. Belo Horizonte. Bases Cartográficas. Escala 1:50.000.

ZEE, Zoneamento Ecológico-Econômico da Serra da Moeda. BRANT. Belo Horizonte. Base Cartográfica. Escala 1:50.000.