

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

REGINA MAIA GUIMARÃES

**SELEÇÃO DE GEOINDICADORES PARA DETERMINAÇÃO DE ÁREAS DE
FRAGILIDADE FACE ÀS PRESSÕES ANTRÓPICAS: CONTRIBUIÇÃO DA
ANÁLISE GEOSISTÊMICA E DA ECOLOGIA DA PAISAGEM NO
ESPINHAÇO MERIDIONAL**

**MINAS GERAIS – BRASIL
AGOSTO – 2004
REGINA MAIA GUIMARÃES**

SELEÇÃO DE GEOINDICADORES PARA DETERMINAÇÃO DE ÁREAS DE FRAGILIDADE FACE ÀS PRESSÕES ANTRÓPICAS: CONTRIBUIÇÃO DA ANÁLISE GEOSISTÊMICA E DA ECOLOGIA DA PAISAGEM NO ESPINHAÇO MERIDIONAL

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Geografia e Análise Ambiental

Orientadora: Prof^a Dr^a Cristina Helena Rocha Ribeiro Augustin.

Coorientadora: Prof^a Dr^a Lylian Coltrinari

BELO HORIZONTE
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
2004

Dedico essa dissertação à minha mãe “in memoriam”, como fruto do exemplo de luta e perseverança que deixou para todos nós.

RESUMO

Trata-se da seleção de **geoindicadores** para definição de áreas de **fragilidade ambiental** na região da Serra do Espinhaço, abrangendo 3 500 Km² de seu setor meridional, tendo como principais núcleos urbanos as cidades de Diamantina (MG), Datas (MG), Gouveia (MG) e Presidente Kubitschek (MG).

A abordagem metodológica adotada nesse estudo constou da integração dos elementos bióticos, abióticos e econômicos, norteados pelas teorias dos Geossistemas e da Ecologia da Paisagem. A análise resultou na seleção de nove geoindicadores, especialmente expressos por meio da técnica de geoprocessamento, que permitiram a identificação de áreas com baixo, médio e alto grau de fragilidade, em relação às pressões antropogênicas exercidas pelas atividades econômicas vocacionais da região.

Dentro da perspectiva analítica da paisagem, incorporou-se o componente econômico traduzido pelo ensaio sobre as práticas de **valoração econômica** dos componentes ambientais em relação às atividades antrópicas relevantes.

Resulta dessa dissertação uma coletânea de nove mapas temáticos que subsidiaram a análise para elaboração do mapa final das áreas de fragilidade ambiental, bem como um plano de ações, voltado para o uso racional dos recursos ambientais inseridos nas áreas identificadas.

Espera-se que essa dissertação possa servir de parâmetro para a gestão ambiental da região em foco e para apoio à comunidade científica, envolvida com pesquisas aplicáveis à conservação ambiental.

Palavras-chave: Geoindicadores – Fragilidade Ambiental – Valoração Econômica

Summary

The objective of this dissertation is to select **geoindicators** to define areas in the meridional side of Serra do Espinhaço that present **environmental fragility**. The main cities of the region are Diamantina (MG), Datas (MG), Gouveia (MG) and Presidente Kubistchek (MG) and 3.500 km² of the southern part of Serra do Espinhaço were analyzed.

The methodology used considered abiotic, biotical and **economic principles** together with the theories of geosystem and of the ecology of the landscape. Nine indicators were identified using the geoprocessing technique and as a result areas were classified as areas of low, medium and high levels of fragility. Valuation practices of the environmental components were also incorporated to the analysis of the landscape. Nine thematic maps resulted from this dissertation and they subsidized the analysis for the elaboration of a final map of the areas of environmental fragility.

Furthermore, they also contributed for the formulation of an action plan to help to rationalize the use of the environmental components of the region.

I expect that this dissertation will help the environmental management of the region and also will contribute to development of research carried out by the scientific community.

Key words: Geoindicators - Environmental Fragility - Economic Principle

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	11
1.1) Tema	11
1.2) A Área em Estudo.....	12
1.3) Objetivos	16
1.3.1) Objetivo Geral	16
1.3.2) Objetivos Específicos	16
1.4) Resultados Esperados.....	16
CAPÍTULO 2 - PAISAGENS, GEOINDICADORES, FRAGILIDADE E VALORAÇÃO ECONÔMICA: CORRELAÇÕES E INTERDEPENDÊNCIAS TEMÁTICAS.....	18
2.1) Paisagens	18
2.2) Geoindicadores	32
2.3) Fragilidade Ambiental	38
2.4) Valoração Econômica das Áreas de Fragilidade	41
CAPÍTULO 3 - MÉTODOS E TÉCNICAS	43
3.1) Construção das Bases Temáticas	43

3.2) Seleção dos Geoindicadores	59
3.2.1) Identificação das Unidades Funcionais	60
3.2.2) Qualificação das Variáveis Espaciais Relevantes.....	61
3.2.3) Quantificação das Variáveis Espaciais Relevantes.....	71
3.2.4) Definição das Áreas de Fragilidade Ambiental.....	72
3.2.5) Ensaios de Valoração Econômica das Áreas de Fragilidade Ambiental.....	72
3.3) Técnica	74
3.3.1) Material Utilizado	74
3.3.2) Procedimentos Operacionais.....	75
CAPÍTULO 4 - PAISAGEM: ESTRUTURA, GÊNESE E COMPARTIMENTAÇÃO.....	81
4.1) Aspectos Climáticos	81
4.2) Evolução Estrutural do Planalto do Espinhaço	83
4.3) Litologias Ocorrentes	86
4.3.1) Grupo Macaúbas	86
4.3.2) Supergrupo Espinhaço	87
4.3.3) Supergrupo Rio Paraúna	91
4.3.4) Metamagmáticas Básicas.....	91
4.3.5) Coberturas Superficiais	92
4.3.6) Grupo Bambuí.....	93
4.4) Compartimentação Morfoestrutural	93
4.4.1) Domínio dos Relevos Residuais.....	94
4.4.2) Domínio das Áreas Aplanadas	96
4.4.3) Domínio das Escarpas.....	100
4.4.4) Domínio das Escarpas Secundárias.....	101
4.4.5) Domínio das Áreas Dissecadas.....	102
4.5) Domínios Pedológicos.....	107
4.5.1) Domínio dos Afloramentos Rochosos, Neossolos Litólicos	108
4.5.2) Domínio dos Afloramentos Rochosos e Latossolos Vermelho Amarelos Distróficos..	109
4.5.3) Domínio dos Neossolos Quartzarênicos Indiscriminados e Cambissolos Álicos.....	109
4.5.4) Domínio dos Neossolos Regolíticos, Cambissolos e Afloramentos Rochosos.....	111
4.5.5) Domínio dos Neossolos Regolíticos e dos Cambissolos	111
4.5.6) Domínio dos Latossolos Vermelho-Amarelos	112
4.5.7) Domínio dos Neossolos Regolíticos, Latossolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos	113
4.5.8) Domínio dos Latossolos Vermelhos	113
4.5.9) Domínio dos Neossolos Flúvicos e Gleissolos.....	114
4.6) Susceptibilidade Erosiva das Coberturas Superficiais.....	114
4.7) Análise da Paisagem.....	116
4.7.1) Fragmentos de Vegetação Natural.....	120
4.7.2) Fragmentos Antropizados.....	132

4.8) Compartimentação da Paisagem	139
4.8.1) Unidade das Matrizes	141
4.8.2) Unidade dos Mosaicos	144
CAPÍTULO 5 - GEOINDICADORES	148
5.1) Sistema Abiótico	150
5.1.1) Sub-Sistema Geológico	150
5.1.2) Sub-Sistema Geomorfológico	151
5.2) Sistema Biótico	155
CAPÍTULO 6 - ÁREAS DE FRAGILIDADE AMBIENTAL	158
6.1) Cenário Atual	158
6.2) Pressões Antropogênicas	163
6.3) Plano de Ações	164
6.4) Ensaio Sobre Atributos de Valoração Econômica	167
CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS	170
7.1) Considerações	170
7.2) Recomendações Finais	173
BIBLIOGRAFIA	175
AGRADECIMENTOS	181

ANEXO I: Mapas Temáticos

- Mapa Altimétrico;
- Mapa de Declividade;
- Mapa Geológico;
- Mapa de Títulos Minerários;
- Mapa dos Domínios Morfoestruturais;
- Mapa de Domínios Pedológicos;
- Mapa da Dinâmica Fluvial Erosiva;
- Mapa de Susceptibilidade Erosiva;
- Mapa das Unidades da Paisagem;
- Mapa das Áreas de Fragilidade Ambiental.

Obs.: Os mapas serão entregues também em formato digital.

ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Municípios integrantes na área em estudo	14
FIGURA 2 – Localização e acessos à área em estudo	15
FIGURA 3 - Sistemas taxonômicos	26
FIGURA 4 - Mapas temáticos básicos	45
FIGURA 5 - Mapas temáticos geoindicadores que resultaram no mapa de fragilidade ambiental	45
FIGURA 6 - Modelo idealizado de funcionalidade do sistema fluvial	50
FIGURA 7 - Análise funcional do sistema hídrico	51
FIGURA 8 - Diagrama metodológico	59
FIGURA 9 - Relação entre unidades funcionais e taxonômicas	61
FIGURA 10 - Mecanismo de interação entre os subsistemas ecológico e econômico	72
FIGURA 11 - Roteiro metodológico de integração entre as áreas de fragilidade ambiental e os mecanismos de pressão antropogênicas	73
FIGURA 12 - Representação das variáveis temáticas em modelo raster	79
FIGURA 13 – Domínios morfoestruturais	94
FIGURA 14 – Relevo residual	95
FIGURA 15 – Serra dos cristais	95
FIGURA 16 – Pintura rupestre	95
FIGURA 17 – Superfície sul-americana	97
FIGURA 18 – Aplanamento da superfície sul-americana na região em estudo	97
FIGURA 19 – Afloramento quartzítico	98
FIGURA 20 – Afloramento rochoso com estrutura ruiniforme	98
FIGURA 21 – Detalhe do afloramento rochoso com estrutura ruiniforme	98
FIGURA 22– Colinas da formação sete lagoas	101
FIGURA 23 – Vale do ribeirão das varas	101
FIGURA 24 – Serra do juá	104
FIGURA 25 – Vale do jequitinhonha	107

FIGURA 26 – Perfil de neossolo quartzarênico	110
FIGURA 27 – Latossolo vermelho sobre metabasitos	113
FIGURA 28 – Vegetação de campo rupestre incidindo sobre fendas do afloramento rochoso do tipo ruíniforme.....	120
FIGURA 29 – Campo rupestre na base dos afloramentos.....	120
FIGURA 30 – Vegetação de campo limpo	122
FIGURA 31 – Sempre-vivas	122
FIGURA 32 – Sempre- vivas sobre solo turfoso.....	122
FIGURA 33 – Comercialização de sempre-vivas em São João da Chapada.....	123
FIGURA 34– Rampa de colúvio	123
FIGURA 35 – Rampa de colúvio	123
FIGURA 36 – Mata Galeria.....	124
FIGURA 37 – Vegetação de cerrado	128
FIGURA 38 – Vegetação de campo cerrado.....	130
FIGURA 39 – Floresta estacional semidecidual e vegetação campestre.	131
FIGURA 40– Floresta estacional semidecidual	131
FIGURA 41– Utilização antrópica em fragmento florestal.....	133
FIGURA 42 – Plantação de café	134
FIGURA 43 – Pastagem natural.....	135
FIGURA 44– Reflorestamento	136
FIGURA 45– Reflorestamento	136
FIGURA 46– Diamantina.....	138
FIGURA 47 – Legenda das classes de uso e de vegetação	140
FIGURA 48 - Matriz de afloramento rochoso associado a campo rupestre e mata galeria com fragmentos de campo limpo.	141
FIGURA 49 - Matriz de campo limpo com fragmentos de mata galeria e áreas cultivadas.	142
FIGURA 50 - Matriz de floresta estacional semidecidual com fragmentos de afloramento rochoso associado a campo rupestre, reflorestamento e área cultivada. .	142
FIGURA 51 - Matriz de campo cerrado com fragmentos de mata galeria, afloramento rochoso associado a campo rupestre e área cultivada.....	143
FIGURA 52 - Matriz de campo sujo com fragmentos de mata galeria, cerrado, campo cerrado e área cultivada.....	144

FIGURA 53 - Mosaico de fragmentos de cerradão, cerrado, campo cerrado, campo sujo, afloramento rochoso associado a campo rupestre e área cultivada.....	145
FIGURA 54 - Mosaico de fragmentos de campo limpo, mata galeria, afloramento rochoso associado a campo rupestre, reflorestamento e espaços urbanizados.....	146
FIGURA 55 - Mosaico de fragmentos de áreas cultivadas, floresta estacional semidecidual, afloramento rochoso associado a campo rupestre, reflorestamento, campo limpo e espaços urbanizados.....	147
FIGURA 56 - Indicadores ambientais.....	149

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Classes de declividade	53
TABELA 2 - Valoração das bacias hidrográficas	53
TABELA 3 - Valoração das formas de relevo	54
TABELA 4 - Valoração dos atributos dos solos	55
TABELA 5 - Classes de erodibilidade dos solos	55
TABELA 6 - Valoração da erodibilidade dos solos	56
TABELA 7 - Valoração das classes de uso do solo e de vegetação	57
TABELA 8 - Valoração das células em modelo raster	78
TABELA 9 - Classes de fragilidade	80
TABELA 10 - Classes de uso do solo e de vegetação que abrangem maiores dimensões espaciais na área em estudo	119
TABELA 11 - Classes de uso do solo e de vegetação que abrangem menores dimensões espaciais na área em estudo	119
TABELA 12 - População urbana e rural das sedes urbanas localizadas na área em estudo	139
TABELA 13 - Densidade hidrográfica	154
TABELA 14 - Índice de dissecação	154
TABELA 15 - Intensidade da dinâmica fluvial erosiva	155
TABELA 16 - Proporção espacial dos fragmentos vegetacionais selecionados como geoindicadores	157
TABELA 17 - Proporção espacial abrangida pelas áreas com graus diferenciados de fragilidade	159

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Dimensão espacial abrangida pelas classes de uso e ocupação do solo e de vegetação	119
GRÁFICO 2 Dimensões espaciais dos geondicadores	149
GRÁFICO 3 – Dimensão espacial abrangida pelos fragmentos vegetacionais selecionados como geoindicador	157
GRÁFICO 4 - Dimensões espaciais abrangidas pelas áreas de fragilidade ambiental com diferentes graus de fragilidade	158
GRÁFICO 5 – Proporção das áreas de fragilidades em relação aos geoindicadores	162

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 Função dos geoindicadores na dinâmica das unidades funcionais	63
QUADRO 2 Funções das variáveis espaciais do subsistema geológico no domínio morfoestrutural dos relevos residuais	64
QUADRO 3 Funções das variáveis espaciais do subsistema geomorfológico no domínio morfoestrutural dos relevos residuais	65
QUADRO 4 Funções das variáveis espaciais do subsistema biótico no domínio morfoestrutural dos relevos residuais	65
QUADRO 5 Funções das variáveis espaciais do subsistema geológico no domínio morfoestrutural das áreas aplanadas	66
QUADRO 6 Funções das variáveis espaciais do subsistema geomorfológico no domínio morfoestrutural das áreas aplanadas	66
QUADRO 7 Funções das variáveis espaciais do subsistema biótico no domínio morfoestrutural das áreas aplanadas	67
QUADRO 8 Funções das variáveis espaciais do subsistema geológico no domínio morfoestrutural das áreas dissecadas	68
QUADRO 9 Funções das variáveis espaciais do subsistema geomorfológico no domínio morfoestrutural das áreas dissecadas	68
QUADRO 10 Funções das variáveis espaciais do subsistema biótico no domínio morfoestrutural das áreas dissecadas	69
QUADRO 11 Funções das variáveis espaciais do subsistema geológico no domínio morfoestrutural das escarpas	70
QUADRO 12 Funções das variáveis espaciais do subsistema geomorfológico no domínio morfoestrutural das escarpas	70
QUADRO 13 Funções das variáveis espaciais do subsistema biótico no domínio morfoestrutural das escarpas	70
QUADRO 14 Valoração das variáveis espaciais	Erro! Indicador não definido.
QUADRO 15 Unidades pedológicas e suas correlações com os demais componentes bióticos e abióticos	108
QUADRO 16 Localidades inseridas na área em estudo	138
QUADRO 17 Classificação das pressões antropogênicas	164
QUADRO 18 Seleção das atividades antropogênicas que exercem pressões intensificadas sobre as áreas de fragilidade	167

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1) Tema

A escolha do tema para o desenvolvimento dessa pesquisa, que se traduz na definição de geoindicadores voltados à compreensão dos sistemas naturais e de suas mudanças frente às intervenções antrópicas, vem ao encontro da necessidade atual de se estabelecer métodos específicos e operacionais, que possam oferecer respostas rápidas e fundamentais ao planejamento ambiental.

A expressividade das mudanças espaciais e temporais ocorridas na paisagem, geradas pela interferência dos fatores de pressões externas representados pelas atividades antrópicas, se configura em uma questão essencial à análise geográfica. As transformações espaciais apresentadas pela paisagem dinamicamente evoluída demonstram as interações entre seus elementos componentes, permitindo o entendimento dos processos ambientais, orientados na busca da sustentabilidade dos ecossistemas frágeis.

Considerando a especificidade do tema e a definição de parâmetros metodológicos, tornou-se relevante, para o desenvolvimento da pesquisa, a seleção de um universo de análise que possibilitasse focalizar melhor o estudo, no sentido de embasar a definição de geoindicadores. Dentro dessa perspectiva, elegeram-se as unidades serranas como áreas de interesse, não só por apresentarem relações complexas de equilíbrio entre seus componentes bióticos e abióticos, como também por se constituírem em regiões de referência do Estado de Minas Gerais. As serras mineiras sustentam os divisores de águas de importantes bacias hidrográficas como as bacias dos rios São Francisco, Jequitinhonha, Doce, Grande e Paraná, se comportando como fontes mantenedoras do potencial hídrico regional e nacional. Essa seleção não impedirá, contudo, a aplicação dos procedimentos metodológicos em

outras unidades espaciais desde que sejam avaliadas as especificidades locais.

O uso intenso dos sistemas serranos mineiros, ecologicamente sensíveis, assumiu grandes proporções nos últimos tempos com a participação efetiva dos fatores de pressão como: extrativismo mineral, urbanização indevida em área de riscos, abertura de estradas sem medidas prévias de controle, atividades agropecuárias sem técnicas de manejo e práticas esportivas de trail e canoagem, sendo esses os mais novos instrumentos de pressão.

As alterações no equilíbrio dos ecossistemas serranos, resultantes da interferência antrópica se tornam, na maioria das vezes, irreversíveis. Por essas razões, necessitam de efetivas ações de controle e fiscalização, planejadas à luz do conhecimento das complexidades das conexões estabelecidas entre os componentes ambientais e da seleção de geoindicadores, que possam determinar a fragilidade dos geossistemas, bem como os limites dessa interferência.

1.2) A Área em Estudo

Os princípios acima expostos, aliados ao conjunto de informações disponíveis, resultaram na seleção da Serra do Espinhaço como universo de análise, por ser um elemento estrutural de grande representatividade ecossistêmica, cujas alterações, retratadas no espaço, necessitam de práticas efetivas de controle ambiental.

A escolha da área baseou-se na análise das feições morfológicas apresentadas por todo prolongamento da Serra do Espinhaço, que variam desde as configurações fisionomicamente discretas até as configurações mais ressaltadas na paisagem, exprimindo estágios de evolução diferenciados. Essa

análise resultou na definição de uma região, localizada em sua porção meridional, que exibe não só um modelado típico dessa unidade serrana como também alterações significativas provocadas pelos fatores de pressão antrópicos.

A área definida apresenta-se delimitada, em suas porções norte e sul, respectivamente pelos rios Pardo Grande e Paraúna, em sua porção leste pelo Rio Jequitinhonha e em sua porção oeste pelo Ribeirão Galheiro e Córrego Limoeiro, compreendendo 3.482 Km² de extensão.

Essa região apresenta-se compreendida entre as coordenadas geográficas 17° 50'40" e 18°41'26" de latitude sul e 43°25'31" e 44°04'52" de longitude oeste. Está incorporado dentro de seus limites a totalidade do Município de Datas e parcialmente os municípios de Diamantina, Gouveia, Presidente Kubitscheck, Serro e Monjolos. Algumas sedes administrativas como Diamantina, Datas, Gouveia e Presidente Kubitschek, encontram-se inseridas na área em estudo, conforme pode ser observado na FIG. 1.

Em função da dimensão espacial da área, o acesso à mesma pode ser realizado em várias direções a partir de Belo Horizonte (FIG. 2). O acesso à porção noroeste é realizado por meio das rodovias federal BR-040 e BR-135 até as cidades de Curvelo e Corinto. A partir de Corinto, segue-se pela rodovia estadual MG-220 até a Cidade de Santo Hipólito, infletindo-se em direção leste para a cidade de Monjolos. O acesso direto à porção sudeste é realizado pela BR-040, até a Cidade de Paraopeba e MG-35 e MG-259, respectivamente até as cidades de Curvelo e Gouveia.

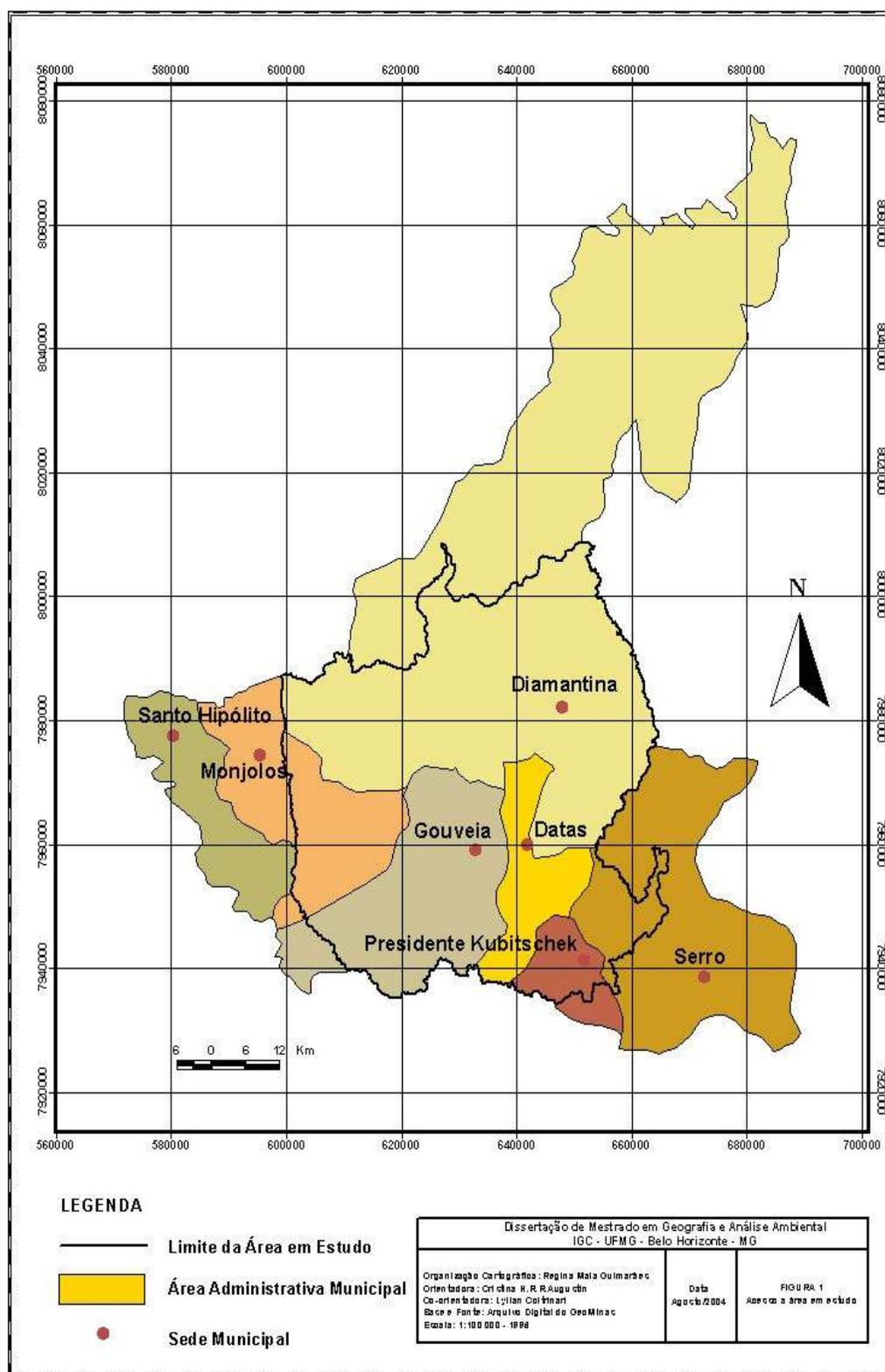


FIGURA 1 – Municípios integrantes na área em estudo

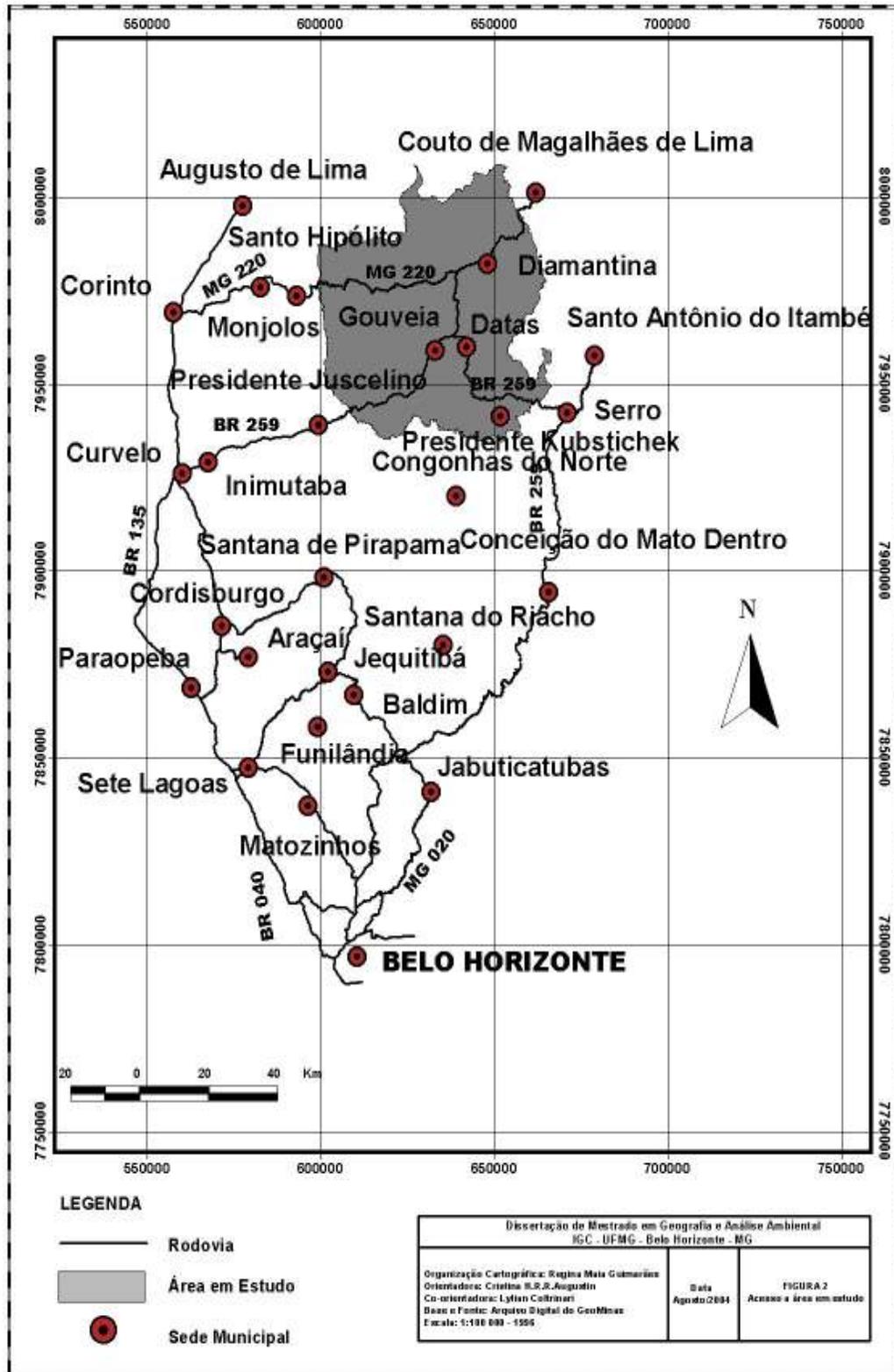


FIGURA 2 – Localização e acessos à área em estudo

1.3) Objetivos

1.3.1) Objetivo Geral

Estabelecimento de base metodológica interdisciplinar para identificação de geoindicadores que definem áreas de fragilidade ecológica em unidades serranas, mediante o uso antrópico, bem como estabelecer indicativos de valoração dos elementos ambientais.

1.3.2) Objetivos Específicos

- ❖ Contribuir para a aplicabilidade do estudo de geossistemas;
- ❖ Contribuir para o desenvolvimento de metodologias de geoindicadores;
- ❖ Integrar metodologias interdisciplinares no estudo da paisagem;
- ❖ Incorporar no estudo geográfico as questões econômicas atuais, de valoração dos elementos ambientais;
- ❖ Aplicar técnicas de geoprocessamento na análise da paisagem;
- ❖ Conciliar os objetivos da pesquisa com os da Agenda 21;
- ❖ Subsidiar o licenciamento ambiental de empreendimentos econômicos em áreas serranas;
- ❖ Subsidiar projetos de zoneamento ambiental com a definição de áreas de fragilidade;
- ❖ Indicar áreas para proteção legal.

1.4) Resultados Esperados

Os resultados esperados nessa pesquisa representam grande desafio relacionado às questões ambientais da atualidade, embora não se pretenda solucionar todos os problemas e sim propor um procedimento metodológico, aplicado a regiões serranas, para seleção de geoindicadores,

que possa dar suporte à tomada de decisões, tanto dos órgãos governamentais quanto da sociedade civil. A preocupação com as regiões montanhosas não é atual, sendo constante nas esferas internacionais, desde o início dos anos 90, expressa por meio de diversas manifestações que resultaram na formulação do Capítulo 13 da Agenda 21, denominado "Ordenamento de Ecossistemas Frágeis: Desenvolvimento Sustentável das Zonas de Montanhas", que dispõe sobre as ações relevantes ao ordenamento espacial nessas regiões.

CAPÍTULO 2

PAISAGENS, GEOINDICADORES, FRAGILIDADE E VALORAÇÃO ECONÔMICA: CORRELAÇÕES E INTERDEPENDÊNCIAS TEMÁTICAS.

2.1) Paisagens

O conceito de paisagem envolvendo uma abordagem integrada para o entendimento de seus componentes ambientais e da dinâmica de suas relações espaços-temporais, não poderia ser aplicado sem inicialmente estabelecer uma análise sistêmica, à luz da Teoria Geral dos Sistemas.

A Teoria Geral dos Sistemas (TGS) foi introduzida nas ciências ambientais em 1950, pelo biólogo alemão *Ludwig Von Bertalanffy* (1901 – 1972) que direcionou seus esforços na produção de conceitos que exprimissem a integração das ciências naturais e sociais. Essa teoria se apresenta como uma forma sistemática e científica de aproximação da realidade, permitindo sua adoção em diversos campos interdisciplinares, ARNOLD et al (1998. p.1).

Os sistemas representam conjuntos de elementos que guardam estreitas relações entre si, mantendo-se unidos e dinamicamente estáveis, cujo comportamento global se manifesta em direção a um objetivo, (ibidem p.3). Os sistemas, interligados por uma rede de relações específicas, tornam-se mais eficientes quando analisados sob a perspectiva de suas relações com o ambiente, por meio da concepção de sistemas abertos.

No contexto interdisciplinar, a teoria dos sistemas foi introduzida na Geomorfologia na década de 50 por Strahler, recebendo posteriormente, contribuições que promoveram a aplicação de seus conceitos, dadas por HACK (1960), CHORLEY (1962) e HOWARD (1965), citados por CHRISTOFOLETTI (1974. p.1).

A partir dos anos 70, os estudos com aplicação da análise sistêmica se tornam mais efetivos, com emprego em temas específicos. Na geografia física, CHORLEY e KENNEDY (1971) identificaram os sistemas componentes da paisagem com proposição de métodos para identificação de seus atributos sob a temática da “Teoria Geral dos Sistemas”.

TRICART (1977) ao analisar a paisagem sob a perspectiva integrada torna-se um dos precursores da aplicação da análise sistêmica, no campo das ciências naturais.

A partir dessas proposições, vários estudos foram desenvolvidos nas áreas das ciências naturais com a adoção da abordagem sistêmica, principalmente no campo das pesquisas geomorfológicas, facilitando a identificação dos elementos componentes do sistema em foco, a determinação de suas interrelações espaciais e temporais e a dinâmica em que se processam essas relações.

A estrutura de um sistema é composta pelos seus componentes físicos, considerados como elementos e por suas relações, expressando-se por meio do arranjo espacial de seus componentes, CHISTOFOLETTI (1974. p.2).

A dinâmica dos sistemas representa o ritmo em que as relações se processam, podendo ser alterada pelas entradas e saídas de energia e matéria, respectivamente pelos *inputs* e *outputs*, bem como pelos mecanismos de retroalimentação, representados pelos *feed-back*.

A noção da hierarquia sistêmica, traduzida pela existência de subsistemas, identificáveis e distintos, interagidos com o sistema maior no qual estão inseridos, permite a análise em cadeia, buscando o detalhamento, por meio da identificação de subsistemas menores, porém limitado pela escala de análise.

A escala de análise torna-se o elemento norteador da pesquisa, direcionando-a para o detalhamento das informações a serem processadas ou para a generalização das informações, porém sempre vinculados aos objetivos da análise.

Na área ecológica, LESER (1986 p.45) ressalta a importância da escala na investigação dos sistemas ecológicos, considerando que a análise deva ser realizada em um nível localizado ou mais abrangente, sendo que as duas possibilidades baseiam-se em uma mesma abordagem integrada, mas com objetivos diferentes.

Na pesquisa geomorfológica a escala também será determinante na identificação dos sistemas, de seus elementos e de sua dinâmica (CHISTOFOLETTI, 1974; KOHLER, 2002). Dependendo da escala de observação, o elemento, avaliado como unidade básica do sistema, pode ser considerado como um subsistema, (CHISTOFOLETTI, 1974. p. 2).

A análise taxonômica, voltada para a identificação dos sistemas e subsistemas, será viabilizada por meio da adoção de uma escala que permita uma visão espacial abrangente para observação das influências dos processos endógenos e exógenos na estrutura da paisagem. As respostas, derivadas das trocas funcionais, determinam a existência de sistemas diferenciados, manifestados por suas feições distintas. As transformações mais marcantes ocorridas nos sistemas, sob maior influência dos processos exógenos e endógenos, são observadas em escalas de maior grandeza espacial.

Sobre o dimensionamento das escalas espaciais KOHLER (2002. p.1) considera que os processos lentos de transformação da paisagem, sob maior influência dos processos endógenos, são detectados pelas escalas menores e os processos acelerados, sob maior influência dos processos exógenos de formação da paisagem, pelas escalas maiores.

A partir das contribuições relacionadas à análise sistêmica aplicada à geografia, torna-se essencial, nessa pesquisa, a incorporação e o desenvolvimento do conceito de paisagem¹.

Entendida como objeto de investigação geográfica, a paisagem representa um conjunto sistêmico, que expressa os fenômenos e suas transformações espaciais, derivadas de processos desenvolvidos tanto em uma dinâmica temporal reduzida quanto acelerada. Constitui-se em um enfoque da maior importância para subsidiar as soluções de questões fundamentais, originadas de projetos de planejamento territorial.

Dentro dessa abordagem, vários estudos foram desenvolvidos com aplicações das ciências geográficas e biológicas, procurando investigar a paisagem, adotando uma abordagem integradora, como produto resultante de um complexo de unidades interativas, expressas em formas diversas no espaço e no tempo.

A escola alemã foi precursora da análise geográfica integradora propondo, ao longo dos anos sessenta e início dos anos setenta, um novo referencial teórico, representado pelo Geossistema, para nortear os estudos da paisagem, (MONTEIRO, 1986. p. 6).

As teorias desenvolvidas sobre essa temática que mais influenciaram os estudos geográficos, foram às contribuições de Bertrand e de Sotchava e de seus seguidores, por meio das pesquisas desenvolvidas, respectivamente, na região do Pirineus, a oeste da França e nas planícies siberianas da URSS, MONTEIRO (Op.cit.).

¹ O termo paisagem refere-se a "paesaggio", introduzido na Itália na época renascentista, com as pinturas elaboradas a partir da natureza, significando "o que se vê no espaço", (CHRISTOFOLETTI, 1999).

A importância da definição desse universo de análise está em seu aspecto intrínseco, impondo a necessidade do entendimento, não só da morfologia da paisagem, como também de sua dinâmica, estrutura funcional e das conexões existentes entre seus elementos (SOTCHAVA, 1972).

FORMAN et al. (1986. p.11) definem a paisagem como resultante da interação de três mecanismos que operam dentro de seus limites espaciais, identificados como: mecanismos abióticos específicos, ocorrentes em um longo período de tempo, padrões de colonização de organismos pertencentes ao meio biótico e perturbações locais de ecossistemas individuais, ocorrentes em menor espaço temporal. Segundo o autor, a paisagem pode ser considerada como unidade distinta, mensurável e definida por seus *cluters*, espacialmente distribuídos e facilmente identificáveis. Os *cluters*¹ representam ecossistemas interativos, considerando os elementos abióticos e bióticos e sua dinâmica funcional.

Sobre os processos interativos ocorrentes nos ecossistemas, TROPPEMAYER (1983) define duas direções fundamentais: as direções verticais, equivalentes às relações entre os níveis apresentados pelo biótopo e a direção horizontal, representando as interações espaciais do biótopo investigado.

A noção de integração entre os componentes da paisagem corresponde a um critério essencial à sua análise, se referindo basicamente às conexões estabelecidas entre os componentes abióticos, bióticos e antrópicos que configuram o espaço. Essa integração representa, por vezes, uma “combinação dinâmica estável” (BERTRAND, 1971), fazendo da paisagem um conjunto com características únicas e individualizáveis.

Expressando as dificuldades inerentes às análises integradoras, MONTEIRO (2000. p.37) relata que as relações existentes entre os elementos ou atributos das paisagens são, muitas vezes, difíceis de serem estabelecidas,

¹ *Cluters* significam aglomerados de vegetação existentes de forma fragmentada no espaço.

mediante a intrincada rede de combinações apresentadas por determinadas paisagens.

Apesar da complexidade em se determinar as relações funcionais entre os componentes da paisagem, BERTRAND (1971) e SOTCHAVA (1972), desenvolveram estudos inserindo o fator humano no ambiente natural, analisando os processos naturais decorrentes das conexões sociais e econômicas estabelecidas.

As contribuições de BERTRAND (1971. p. 8) a propósito da perspectiva integradora da inserção do elemento humano na paisagem, deixam presente a contraposição entre os componentes do meio natural e a exploração antrópica. Sobre esse aspecto, MONTEIRO (1986. p.8) ressalta algumas limitações freqüentes na análise incorporadora do fator humano em posição contrária à evidente relação entre o potencial ecológico e a exploração dos recursos. Conforme o autor, a pressão antropogênica exercida no meio natural deve ser entendida como fator ativo, permanente, necessário e dinâmico, integrante do sistema ambiental por meio das múltiplas relações com o demais componentes do sistema. As investigações científicas devem ser direcionadas para o estabelecimento das diversas fronteiras, delineando limites sinuosos entre os sistemas ecológicos e humanos, de forma a auxiliar a tomada de decisão das entidades governamentais competentes.

As paisagens fisionomicamente heterogêneas resultam de organizações sistêmicas diferenciadas, evidenciando a necessidade de proposições de métodos definidores de escalas de grandeza para as diversas organizações espaciais.

Conforme o grau de detalhamento adotado na análise da paisagem, torna-se necessário a adoção de critérios metodológicos específicos para determinação de suas características individualizáveis, permitindo o entendimento das relações complexas de suas variáveis e a sua subdivisão, de acordo com uma ordem taxonômica.

Fundamentados nessa perspectiva, BERTRAND (1971) e SOTCHAVA (1972) direcionaram suas análises para a organização da paisagem, definindo níveis hierárquicos de grandezas espaciais. As subdivisões de uma paisagem resultam em diferentes unidades dinâmicas mantenedoras de organizações próprias dependentes de uma organização geográfica, expressa pela integração ordenada dos elementos em um conjunto de representação espacial, SOTCHAVA (Op.cit.).

No estudo dessa temática, BERTRAND (Op.cit.) e SOTCHAVA (Op.cit.) propuseram métodos de hierarquização da paisagem em grandezas espaciais passíveis de serem representadas, introduzindo categorias dimensionais iniciando por uma organização espacial global em direção aos menores níveis perceptíveis na paisagem.

Para BERTRAND (Op. cit.) os níveis mais elevados de grandeza espacial representam as unidades superiores como as Zonas, os Domínios e a Região Natural e para SOTCHAVA (Op. cit.), esse mesmo nível de grandeza espacial designa os topogeômero, macrogeômero, topogeócoro e o macrogeócoro, classificados conforme seu nível de abrangência.

Na linha conceitual adotada pelos dois autores, as organizações de menores grandezas evidenciam a integração entre os elementos biogeográficos e antropogênicos e os geossistemas seriam os representantes de maiores grandezas espaciais das unidades inferiores.

As concepções sobre o geossistema como unidade de análise são unânimes, por distinguir o caráter dinâmico das relações espaciais e as conseqüentes modificações expressas na paisagem.

Para SOTCHAVA (1972) os geossistemas constituem-se em complexos essencialmente “dinâmicos, flexíveis, abertos e hierarquicamente organizados” e para BERTRAND (1971), os geossistemas definem unidades

dinâmicas da paisagem resultante da combinação de fatores bióticos e abióticos peculiares, derivados de processos evolutivos semelhantes.

BEROUTCHACHVILI e BERTRAND (1978) enfatizam a noção de geossistema como uma unidade espacial possível de abranger extensões territoriais, podendo ser delimitada e investigada em determinada escala.

DEMEK (1978) considera o geossistema como elemento norteador do estudo da geografia física aplicado à paisagem, associando a ele o conceito de “esfera da paisagem”, referindo-se a um sistema organizado e estruturado.

Para MONTEIRO (2000. p. 47), tanto Bertrand quanto Sotchava concebem o geossistema como referencial teórico na análise da paisagem, porém definem, de forma diferenciada, o elemento determinante da compartimentação da paisagem, segundo uma ordem taxonômica. O autor considera que os pesquisadores foram influenciados pelo ambiente natural em que desenvolveram suas análises. Bertrand, influenciado pelos Montes Pirineus ressaltados na topografia rebaixada das planícies aluviais parisienses, define o relevo como elemento norteador da compartimentação da paisagem e Sotchava, por ter analisado os diferentes biótopos das planícies siberianas, vincula a compartimentação da paisagem às formações biogeográficas.

A partir do reconhecimento da existência das unidades dinâmicas integrantes do geossistema, BERTRAND (1971) e SOTCHAVA (1972) propõem sua separação em unidades menores, hierarquicamente inferiores, referindo-se, respectivamente aos geófácies e geótopos e aos geócoros e geômeros, conforme demonstrado na FIG.3.

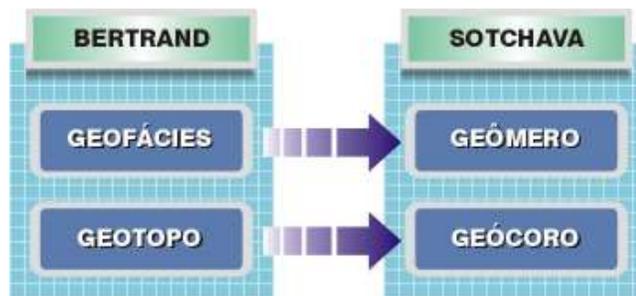


FIGURA 3 - Sistemas taxonômicos

Em relação à subdivisão do geossistema em unidades inferiores, MONTEIRO (2000. p.47), na sua busca do entendimento dos geossistemas como referencial teórico aplicado a uma realidade ambiental, tece algumas considerações, de caráter restritivo, à classificação taxonômica proposta por Sotchava. Monteiro (Op. cit.) recrimina a adoção de mesmo critério de definição para as unidades taxonômica superiores e inferiores, referindo-se aos geômeros e geócoros.

As conexões estabelecidas entre as unidades espaciais condicionam o mesmo nível de evolução para todas as categorias espaciais (BERTRAND, 1971). Conforme o autor, as unidades espaciais inferiores apresentam especificidades em relação à dinâmica evolutiva da unidade geossistêmica, compondo a paisagem e sucedendo-se no tempo e no espaço.

Ao focalizarem as conexões funcionais existentes nos geossistemas, as experiências na aplicabilidade dessa abordagem, têm demonstrado certa complexidade na determinação da integração entre os componentes ambientais.

Percebe-se nessas proposições certo grau de dificuldade na aplicabilidade da abordagem geossistêmica, principalmente no que se refere à determinação do funcionamento dos sistemas, mediante a atuação dos processos. Segundo MONTEIRO (1986. p. 6) o referencial teórico do geossistema, dependentes da análise integradora entre seus elementos, possui como mérito incontestável, a inserção da análise sistêmica no contexto

analítico do espaço geográfico, considerada “uma das características mais fortes da ciência nesta segunda metade do século XX”. Contudo, a visão geossistêmica, arraigada no contexto natural do meio ambiente, não clarifica a inserção das questões antropogênicas integradas no sistema analisado (Monteiro, 1986. p.7). Essas dicotomias dificultam a aplicação dos geossistemas nas pesquisas atuais, cuja abordagem deve ser direcionada para inclusão das questões econômicas relacionadas à necessidade de exploração dos recursos naturais.

Do mesmo modo LESER (1986. p.43) destaca, no contexto ecológico, as dificuldades de interrelacionar os componentes bióticos com os demais componentes integrantes do geossistema analisado. O autor identifica algumas disparidades no enfoque metodológico de algumas ciências. A bioecologia analisa os ecossistemas de forma desconectada com o espaço, dando pouca representatividade aos componentes abióticos. Em contrapartida, a geoecologia, ao focar a integração dos componentes bióticos nos modelos de geossistemas, desenvolve métodos impeditivos de detalhamento apropriado.

LESER (Op.cit.) aponta a existência de poucas iniciativas voltadas ao uso da modelagem aplicada às interações funcionais entre os fatores bióticos e abióticos existentes nos ecossistemas. Essa lacuna no estabelecimento de modelos sintetizadores dos ecossistemas acarreta a necessidade de desenvolvimento de técnicas apropriadas de descrição qualitativa e quantitativa das relações existentes. Segundo o autor, as descrições dos componentes bióticos nos geossistemas são, predominantemente, expressas por meio das características vegetacionais, em detrimento das características da fauna, por serem mais investigadas. No entanto, para se determinar o funcionamento do sistema vegetacional, torna-se necessário uma grande demanda de tempo para a realização de análises dos fluxos verticais e horizontais de matéria e energia na comunidade biológica.

De fato, a análise integrativa sistêmica constitui-se no elemento norteador dos estudos da paisagem direcionado à compartimentação dos sistemas ambientais. A partir da individualização das unidades interativas, as designações propostas podem ser variadas, tal como o sistema de algarismos romanos, arábicos e letras do alfabeto para designar as partes do sistema ambiental analisado, adotado por MONTEIRO (1986. p. 10).

Outro exemplo da aplicabilidade do conceito de geossistemas se refere ao planejamento territorial adotado na URSS, conhecida como região de origem dos estudos geossistêmicos. Os estudos que subsidiaram o planejamento territorial foram norteados pelo princípio metodológico do geossistema, apesar das complexidades inerentes à sua aplicação, (Ibidem. p. 9).

No Brasil, a aplicação operacional da metodologia de Geossistemas foi introduzida por TROPMAIR (1983) em seu estudo sobre os Ecosistemas e Geossistemas do Estado de São Paulo.

A preocupação da aplicação do conceito de paisagem é essencial não só à pesquisa empírica como também à área acadêmica. Alguns pesquisadores que aplicam seus conhecimentos no meio acadêmico direcionam o estudo da paisagem de forma associada ao conhecimento das características ambientais predominantes nas regiões circunvizinhas às áreas de atuação. ORTIZ (2001. p.3), no desenvolvimento de estudos que embasam a inserção de disciplinas específicas no currículo escolar das universidades de países circundados por regiões montanhosas, sugere que seja incorporado, como conteúdo principal, o estudo da paisagem em áreas montanhosas. O autor ressalta, no conceito de paisagens que particularizam o objeto de estudo, o sentido de: globalização, significando o todo integrado por partes; de dinamismo, referindo-se às relações mútuas entre as partes, o espaço e o tempo, representando respectivamente a escala territorial e temporal.

Ao adotar a abordagem ecológica, adaptada aos conceitos de geossistemas e da múltipla correlação entre seus elementos, desenvolveu-se outro método de compartimentação da paisagem, utilizando o conceito de “Ecologia da Paisagem”. Esse método, por meio do entendimento das diferentes organizações espaciais das fisionomias vegetais, introduz nos estudos ecológicos, a abordagem espacial integradora inerente à Geografia, TROLL (1971) e VINK (1983).

TRICART (1982) descreve a “Ecologia da Paisagem” como uma ciência voltada para discussão e entendimento das múltiplas relações existentes entre os componentes biofísicos, a estrutura ecossistêmica da paisagem e as transformações geradas pelas atividades humanas, tendo sua origem nos trabalhos desenvolvidos na República Democrática Alemã (DDR), durante a década de 60.

AHLQVIST et al. (1997), adotam o conceito de “Ecologia da Paisagem” como o “estudo dos resultados tangíveis e das características que decorrem das interações entre uma sociedade específica, as condições físico-geográficas e os processos bióticos e abióticos”.

Segundo RUZICKA (1996) existem, atualmente, três tendências na abordagem da “Ecologia da Paisagem”, tais como:

- ❖ Ecologia da Paisagem estática ou real – estudo da estrutura da paisagem, dos sistemas ecológicos, dos ecótopos, dos elementos da paisagem, bem como de seus componentes;
- ❖ Ecologia da Paisagem dinâmica ou funcional – estudo das mudanças temporais e espaciais das paisagens e do fluxo de matéria e energia;

- ❖ Ecologia da Paisagem aplicada – orienta o planejamento ecológico da paisagem de maneira a aperfeiçoar o seu uso.

BRADLEY & HAMMOND (1993) e DUERKSEN et al. (1996), propõem que se observem os seguintes princípios no estudo da “Ecologia da Paisagem”:

- ❖ Tempo e espaço - a dinâmica dos processos formadores da paisagem, condicionam a temporalidade da heterogeneidade espacial, determinando a mudança na composição e na diversidade das comunidades, em escalas temporais diferenciadas;
- ❖ Heterogeneidade - a paisagem é formada por diversos componentes interagidos no espaço configurando paisagens diferenciadas que influenciam a dinâmica das populações e a diversidade de comunidades fragmentadas;
- ❖ Conectividade - a conectividade é proporcionada pelos deslocamentos dos fluxos biológicos de organismos, sementes e grãos de pólen. Os sistemas favorecedores da conectividade são as zonas ripárias.

Mc.GARIGAL (1997), propõe que na aplicação do conceito de “Ecologia da Paisagem” deve-se envolver o estudo dos padrões da paisagem, as interações entre fragmentos no contexto de mosaico da paisagem e como esses padrões se interagem no tempo. Além desses elementos, a “Ecologia da Paisagem” envolve a aplicação de conceitos na formulação e equacionamento dos problemas ambientais.

A “Ecologia da Paisagem” considera o desenvolvimento e a dinâmica da heterogeneidade espacial, enfocando três características básicas (McGARIGAL, 1997; FORMAN et. al, 1986.p.11):

- ❖ Estrutura – relações espaciais entre as diferentes organizações espaciais;
- ❖ Função – interação entre os componentes espaciais;
- ❖ Mudança – alteração na estrutura e na função do mosaico ecológico durante o tempo.

FORMAN (1986. p.11), ressalta a importância do estudo da “Ecologia da Paisagem” voltado para os princípios concernentes à estrutura, função e mudança e suas aplicações na formulação e solução de problemas. A estrutura da paisagem refere-se à forma como a paisagem se apresenta, podendo tratar-se de uma paisagem modificada pelo uso antropogênico, formada por fragmentos isolados da vegetação primitiva ou conectados por corredores funcionais. O isolamento dos fragmentos interfere na dinâmica das populações, alterando os riscos de extinção e as possibilidades de deslocamento das populações, conforme BURGESS (1988) e OPDAM (1988) citados por GUEVARA & LAPORTE (1993).

Os estudos desenvolvidos com aplicação do conceito da “Ecologia da Paisagem” definem o aspecto estrutural da paisagem, composto pelas seguintes estruturas:

- ❖ Matriz;
- ❖ Mosaico;
- ❖ Fragmentos;
- ❖ Corredores.

A matriz corresponde ao elemento mais comum na paisagem e está diretamente relacionada com a escala de observação, dependendo, fundamentalmente do fenômeno a ser considerado. Os mosaicos são padrões compostos pela presença de diversos componentes como fragmentos florestais, corredores e matriz envolvente. Normalmente as paisagens são

formadas por um mosaico de fragmentos vegetais com as seguintes características:

- ❖ Devem ser indicados em relação ao fenômeno analisado;
- ❖ Dinamismo em seus mais diversos níveis;
- ❖ Dimensão espacial relacionada com a escala de análise.

“Os corredores correspondem às estruturas lineares ocorrentes na paisagem que diferem das unidades vizinhas e que ligam pelo menos dois fragmentos de habitat, anteriormente unidos” (SOULÉ & CGILPIN, 1991; SAUNDERS & RIBEIRA, 1991).

2.2) Geoindicadores

As abordagens Geossistêmica e da “Ecologia da Paisagem”, consideradas como referenciais básicos norteadores dos procedimentos metodológicos adotados nesse estudo serão conduzidas com a incorporação de uma nova conceituação derivada da definição de geoindicadores, buscando direcionar os resultados dessa pesquisa a uma aplicabilidade funcional.

Os estudos referentes a indicadores ambientais foram bastante desenvolvidos em setores específicos, como na biologia, referindo-se a espécies indicadoras de qualidade ambiental; na sócio-economia, envolvendo variáveis indicadoras de qualidade de vida, na economia onde a pesquisa e a definição de indicadores são efetivamente aplicados na determinação de índices de desenvolvimento, bem como nas questões ambientais, tratando-se dos indicadores de qualidade do ar e da água.

Na geografia, o uso de geoindicadores como instrumento para determinação do estado dos geossistemas ainda encontra-se incipiente. Os estudos sobre geoindicadores iniciaram na década de 90, com a criação de um

grupo de trabalho representando a Comissão de Ciências Geológicas para o Planejamento Ambiental (COGEOENVIRONMENT) da União Internacional de Ciências Geológicas (IUGS). Esse grupo de trabalho tinha como principal tarefa à elaboração de uma lista de indicadores geológicos e geomorfológicos tradutores dos processos determinantes das mudanças do sistema ambiental, em diversos intervalos temporais (COLTRINARI, 2001).

Os geoindicadores são medidos quanto à sua magnitude, à frequência, às taxas e às tendências de processos ou fenômenos geológicos com ocorrência periódica nas proximidades da superfície terrestre, apresentando variações ao longo de cem anos ou menos. A aplicação dos geoindicadores se faz em uma escala de grandeza variada, identificando as mudanças catastróficas ou graduais, perceptíveis no espaço (BERGER, 1996 citado por COLTRINARI 2001).

Os geoindicadores focalizam as variáveis abióticas da paisagem e suas relações internas, interagindo com as variáveis bióticas somente por meio de sua influência na ocorrência e no ritmo dos processos abióticos (THOMAS, 1990 citado por COLTRINARI, 2001).

Os geoindicadores são considerados como instrumentos de pesquisa, definidores do conhecimento da estrutura, dos processos dos sistemas ambientais, bem como da pressão externa, das modificações e de suas conseqüências sobre os demais sistemas interligados. Inclui-se nessa organização, o sistema antropogênico gerador de várias mudanças em seu ambiente de inserção, exigindo a adoção de formas adequadas de planejamento dando suporte às políticas ambientais, BERGER (Op.cit.)

A lista original de geoindicadores, formulada pela Comissão de Ciências Geológicas para o Planejamento Ambiental

(COGEOENVIRONMENT), contém vinte e sete geoindicadores associados à uma série de informações sobre sua aplicação. Nesse caso, os geoindicadores se constituem em variáveis representativas de macro mudanças temporais, analisadas dentro de uma abordagem global.

Os autores, cujas pesquisas são direcionadas para definição de geoindicadores, reconhecem a necessidade de detalhamento da dinâmica dos processos a serem monitorados, permitindo constantes revisões e refinamento da lista de geoindicadores (BERGER & IAMS, 1996 citados por COLTRINARI, 2001).

COLTRINARI (1996) salienta a necessidade da introdução de indicadores demonstrativos das interações entre as variáveis bióticas e abióticas e seus efeitos no equilíbrio dos geossistemas.

Para SIMÕES (1999, p. 41) os geoindicadores, relacionados principalmente aos parâmetros físicos, vêm sendo negligenciados em diversos projetos ambientais. Esse fato talvez se justifique, segundo o autor, devido à grande dimensão temporal dos fenômenos geológicos. O autor ressalta a importância da integração entre fatores bióticos e abióticos na definição de geoindicadores, desconsiderada na lista de geoindicadores elaborada por Berger e Iam, (Ibidem, p. 43).

A inserção do componente humano na análise dos sistemas ambientais torna-se mais complicada, devido à diversidade de pressões exercidas sobre o ambiente natural, cujas respostas são expressas em diversas magnitudes (RIVAS et al., 1996).

Dentre os estudos desenvolvidos, voltados para aplicabilidade dos geoindicadores, encontram-se os estudos de RIVAS (Op.cit.) direcionados para

seleção de geoindicadores para avaliação de impactos ambientais nos componentes geomorfológicos. O princípio metodológico adotado pelo autor divide os componentes geomorfológicos em três categorias: recursos geomorfológicos, o lugar de interesse geomorfológico sobre o ponto de vista científico, educacional e recreativo e os processos geomorfológicos que podem apresentar riscos e ou contribuir para degradação ambiental.

Conforme COLTRINARI (1996), essas limitações são mais acentuadas no meio tropical, onde os impactos das intervenções antropogênicas são mais evidentes, acarretando na necessidade de desenvolvimento de metodologias de definição de geoindicadores para as áreas urbanas e industriais, onde as pressões são mais intensas.

Nas regiões tropicais, GUPTA (2001) desenvolveu seus estudos para definição de geoindicadores aplicado ao processo de urbanização das cidades tropicais, definindo metas para o desenvolvimento sustentável. Segundo o autor, os geoindicadores tropicais urbanos devem medir: magnitude e intensidade das cheias; depleção, transferência e recarga da águas superficiais; instabilidade das vertentes; modificação dos canais naturais; mudanças de temperatura, chuva e evapotranspiração, mudanças no uso da terra, aumento da poluição atmosférica; disposição de efluentes líquidos e lixo.

No Brasil, o Estado de São Paulo tem sido o precursor no desenvolvimento de estudos relacionados à definição de geoindicadores, por meio da elaboração de uma base de dados geoprocessados subsidiando o monitoramento ambiental.

DINIZ (2001) desenvolveu estudos, baseado em critérios de engenharia geológica, voltados para definição de geoindicadores, visando o planejamento de problemas ambientais existentes no Estado de São Paulo. O estudo contou com uma base de dados elaborada pelo Sistema de

Informações Geográficas – SIG, visando suas múltiplas aplicações no monitoramento e gerenciamento. Os geoindicadores componentes da base de dados são: vulnerabilidade dos terrenos à erosão; movimento de massa; sedimentação; colapso do solo; depósitos de solo; expansão do solo; combustão do solo; sismicidade; qualidade de água superficiais e subterrâneas.

SIMÕES (1999, p.43), aplicou os estudos para a definição de geoindicadores no Estado de São Paulo, focalizando os sistemas fluviais, erosão acelerada e variação do lençol freático, caracterizando o problema e indicando métodos para seu monitoramento.

COLTRINARI (1996) e DINIZ (no prelo) citados por COLTRINARI (2001) ao analisarem as áreas urbanizadas localizadas na zona tropical úmida selecionaram vinte e dois geoindicadores, passíveis de serem monitorados em diversas escalas espaço-temporais, de acordo com a amplitude, duração e periodicidade dos processos. Os geoindicadores sugeridos abrangem os processos morfodinâmicos naturais ou produzidos por pressões antropogênicas ocorrentes na paisagem.

Conforme descreveu HATCHER (1996), citado por CHRISTOFOLETTI (1999. p. 172),

os princípios que norteiam o estabelecimento de indicadores são: possibilidade de usar dados existentes, pressuposições que possam ser reavaliados, possibilidade de integração entre mudanças a curto e a longo prazos, relacionamento dos indicadores às características individuais, identificação de rumos da sustentabilidade, indicadores inseridos em um conjunto coerente e possibilidade para determinar relações entre si.

O autor pressupõe que os indicadores devem possuir as seguintes características:

- ❖ Representar adequadamente um componente crítico do geossistema;
- ❖ Poder ser isolado;
- ❖ Poder ser quantificado de modo preciso;
- ❖ Permitir a quantificação dos impactos resultantes;
- ❖ Permitir o apoio na elaboração de estratégias de controle;
- ❖ Serem compreendidos e interpretados em termos de sua funcionalidade no geossistema.

De acordo com ADRIANSEE (1993), o indicador deve ter a capacidade de tornar perceptível um fenômeno incompreendido a primeira vista, estendendo-se além da observação direta. A partir dessa característica básica, derivam-se três funções essenciais:

- ❖ Simplificação;
- ❖ Quantificação;
- ❖ Comunicação.

Portanto, a formulação de indicadores ambientais implica em uma atitude seletiva, simplificando fenômenos complexos para sua quantificação, tornando possível o aperfeiçoamento de sua comunicação.

Mediante as diversas contribuições sobre formulação de indicadores, pretende-se direcionar essa pesquisa, sustentada na definição de métodos para proposição de geoindicadores, ao preenchimento da lacuna existente

devido à carência de pesquisas detalhadas, norteadas pelas abordagens integradoras. CHRISTOFOLETTI (1999, p. 173), identifica essa lacuna quando observa a “ausência sobre a utilização de indicadores elaborados sob a perspectiva geográfica na análise das questões ambientais em busca da sustentabilidade”.

De acordo com a metodologia estabelecida por HATCHER (1996) citado por CHISTOFOLETTI (1999), a proposição dos geoindicadores nessa pesquisa baseia-se em suas propriedades específicas de isolamento e de poderem ser espacialmente mensurados, bem como de se constituírem em elementos de significância na determinação der restrições ambientais frente as atividades antropogênicas.

2.3) Fragilidade Ambiental

O entendimento do conceito de “Fragilidade Ambiental” não poderia ser completo sem as noções de estabilidade (SOTCHAVA, 1972; BERTRAND, 1971; CHRISTOFOLETTI, 1999; FORMAN et. al, 1986) e de resiliência (CHRISTOFOLETTI, 1999; FORMAN et. al, 1986).

Conforme SOTCHAVA (1972), a dinâmica natural do geossistema está diretamente ligada à noção de estabilidade. Em relação à noção de estabilidade dos geossistemas, BERTRAND (1971) distingue dois conjuntos dinâmicos diferentes:

- ❖ Geossistemas em Biostasia - trata-se do predomínio de processos bioquímicos sobre os morfogenéticos e são classificadas em função de sua maior ou menor estabilidade. A estabilidade do geossistema é alterada em decorrência da intensidade do fator de pressão antrópica, permitindo que o geossistema se mantenha em estágio de equilíbrio, de busca de outra forma de “clímax”, de regeneração (dinâmica progressiva) ou em estágio acentuado de degradação (dinâmica regressiva);

- ❖ Geossistemas em Resistasia - predomínio da atuação dos processos morfogenéticos sobre os pedogenéticos e bióticos, se diferenciando em dois tipos: geossistemas com morfogênese “natural” e os geossistemas com morfogênese ligada a interferência antropogênica.

CHRISTOFOLETTI (1999) refere-se à estabilidade do geossistema associando sua capacidade em absorver as oscilações das pressões externas, sem mudar suas características internas. A estabilidade é atingida quando o sistema apresenta a capacidade de permanecer sem ser afetado pelos fatores de pressão, mantendo-se em equilíbrio dinâmico, demonstrando sua resistência ou quando apresenta a capacidade de auto - recuperação, ou seja, a capacidade de resiliência.

SOTCHAVA (1971) descreve os geossistemas com capacidade de resiliência como de controle episódico, em que sua estrutura foi submetida às pressões antrópicas de intensidades reduzidas e permitindo a regeneração espontânea de seus componentes.

FORMAN (1986. p.431), refere-se a estabilidade biológica como uma metaestabilidade, ou seja, o sistema está em equilíbrio quando ele oscila em torno de uma posição central, atingindo o equilíbrio metaestável, podendo adquirir posições diferenciadas. FORMAN (Ibidem p.432) considera a estabilidade como sendo a resposta de um sistema a uma perturbação, sendo produto de duas características bastante desiguais do sistema: resistência e recuperação. Segundo o autor, a capacidade de recuperação ou resiliência de um sistema ecológico é a “habilidade do sistema de retornar, depois de ter sido mudado” e a recuperação é o tempo requerido para o sistema voltar à trajetória inicial.

WESTMAN (1978) sugere a análise de quatro aspectos importantes na definição da capacidade de resiliência dos sistemas como:

- ❖ Elasticidade - capacidade dos sistemas de retornarem ao estado inicial de forma mais rápida;
- ❖ Amplitude - capacidade dos sistemas de determinarem limites máximos e mínimos de segurança para se recuperarem;
- ❖ Maleabilidade - capacidade dos sistemas de retornarem, configurando um novo estado estável.

Os sistemas frágeis apresentam aspectos diferentes dos sistemas estáveis, caracterizados pela pequena capacidade de resistência às pressões externas, propiciando condições de rápidas mudanças e pela pequena ou inexistente capacidade de resiliência, tornando-se vulneráveis.

A noção de fragilidade de um sistema pode ser relacionada à noção de sensibilidade, que representa o nível de resposta do sistema às mudanças externas. CHRISTOFOLETTI (1999) e SCHUMM (1977) consideram a sensibilidade quando o sistema está propenso a responder às mínimas variações de influências externas. Para SOTCHAVA (1972), os geossistemas sensíveis equivalem-se aos geossistemas constantemente controlados e apresentam mudanças representadas pela aceleração dos processos de dinâmica natural, quando submetidos a pressões externas de elevado grau de intensidade. A dinâmica natural dos geossistemas é determinada pelas formas de energia, geradas nas mudanças internas e são classificados em função de um ou mais fatores dominantes. Podem ocorrer situações em que o sistema morfogenético prepondera sobre os demais ou aquelas em que a dinâmica biológica sobressai sobre os componentes abióticos (BERTRAND, 1971).

WIDACKI (1986. p. 156), define os três estados de funcionamento do geossistema como: ótimo estado, significando o melhor estado num dado momento, assegurando o desenvolvimento gradual sem perturbação; o estado crítico, referindo-se ao desvio de seu equilíbrio, causado por atividades

perturbadoras e o estado catastrófico, significando uma mudança violenta da estrutura do sistema sob impacto ao estímulo externo.

COLTRINARI (2001) avalia as pressões antropogênicas como modificadoras do limites de estabilidade do sistema, prejudicando a compreensão dessas mudanças e conseqüentemente a definição dos geoindicadores.

Considerando os preceitos acima, será adotado nessa pesquisa o termo “fragilidade ambiental”, referindo-se àquelas áreas cujas condições internas impõem susceptibilidade ao desequilíbrio, quando submetidas à interferência de fatores externos. Os fatores externos serão aqui representados pelas pressões antropogênicas, em seus diversos níveis de intensidades.

2.4) Valoração Econômica das Áreas de Fragilidade

Na atualidade, um dos maiores desafios a ser ultrapassado é a proposição de soluções plausíveis na implantação de empreendimentos econômicos de alta complexidade ambiental e de extrema relevância no contexto social e econômico do estado e do país.

Dentre as propostas de negociações provenientes dos entraves entre as questões econômicas e ambientais, surge uma nova concepção de avaliação dos elementos ambientais referente à valoração econômica, tornando-se uma importante estratégia de negociação entre poderes públicos e econômicos, adequando as áreas ecologicamente relevantes ao desenvolvimento sustentável.

A questão fundamental de valoração dos elementos ambientais consiste em atribuir valores a uma rede complexa de interações, distinguindo cada elemento, determinando sua importância no processo de relações e quantificando suas variáveis, conforme descreveu CHRISTOFOLETTI (1999. p. 150) na obra “Modelagem dos Sistemas Ambientais”.

Sob a perspectiva geográfica, poucos trabalhos foram desenvolvidos. CHRISTOFOLETTI (1999) reconhece que “a valoração ambiental é um tema de crescente interesse no campo da Economia Ambiental ou Ecológica”.

No que se refere aos procedimentos para se determinar à valoração econômica dos elementos ambientais, existem várias técnicas focadas em modelos concebidos por WINPENNY (1991), citados por CHRISTOFOLETTI (Ibidem. p. 150 et seq), relacionando as categorias relevantes na análise, como:

- ❖ Análise de custos e benefícios – busca a definição das questões ligadas aos custos, considerando os recursos necessários para o desenvolvimento e suas implicações no ambiente;
- ❖ Avaliação dos benefícios ambientais - representa a análise dos benefícios oferecidos pelos sistemas ambientais podendo ser determinados pelos seguintes critérios: valor de uso real, valor da opção e valor da existência. O **valor do uso real** deve ser direcionado a todos aqueles que fazem uso real das potencialidades ambientais. O **valor da opção** será estabelecido para os futuros usuários potenciais dos sistemas ambientais. Conforme PERARCE, MARKANDSYA e BARBIER (1989), citados por CHRISTOFOLETTI (1999. Loc. cit.), o valor da opção representa a “disposição em pagar para a preservação de um meio ambiente em função de alguma probabilidade de que as pessoas farão uso dele em uma época posterior”. O **valor da existência**, segundo JOHANSSON (1990), citado por CHRISTOFOLETTI (1999. Loc. cit.), refere-se a satisfação do indivíduo em deixar disponíveis os recursos ambientais para outras gerações. No domínio da economia ambiental, o **valor econômico total** é a soma dessas três categoriais.

CAPÍTULO 3

MÉTODOS E TÉCNICAS

3.1) Construção das Bases Temáticas

A construção das bases temáticas se configurou em uma grande etapa na pesquisa desenvolvida, planejada de forma a atender os princípios gerais de metodologia de integração das informações espaciais, por meio do Sistema de Informações Geográficas (**SIG**), constando dos seguintes procedimentos:

- ❖ Escolha da área;
- ❖ Aquisição e análise das informações disponíveis;
- ❖ Tratamento dos dados espaciais;
- ❖ Vistoria em Campo;
- ❖ Produção dos dados espaciais temáticos e do Mapa Síntese.

Para definição da área em estudo, adotaram-se critérios técnicos específicos, representados pela análise morfológica de todo o Planalto do Espinhaço, procurando distinguir os componentes ambientais representativos dessa unidade serrana. Todo o prolongamento do Planalto do Espinhaço foi subdividido em nove regiões, desde o Município de Ouro Preto (MG) até seus limites finais, localizados no Município de Itacambira (MG). Essas nove regiões foram expressas cartograficamente por meio da aplicação da técnica do Modelo Digital de Elevação (**MDE**). A partir dos **MDEs**, elaborou-se uma série de perfis topográficos objetivando subsidiar a análise voltada para o aspecto fisionômico do Planalto do Espinhaço e para seleção da área de estudo.

Na seqüência operacional, procedeu-se à aquisição e análise das informações disponíveis, em formato digital ou não, que embasaram o desenvolvimento da pesquisa, seguindo-se do tratamento e homogeneização dos dados espaciais para serem introduzidos no **SIG**.

As incursões em campo foram estrategicamente definidas e realizadas em duas fases. A primeira fase foi direcionada ao levantamento das variáveis ambientais para subsidiar a estruturação espacial e a formulação dos geoindicadores. A segunda fase constou da checagem dos dados espaciais mapeados e do levantamento das especificidades ambientais locais, dando suporte ao prosseguimento metodológico estabelecido e a definição dos geoindicadores.

Dando seqüência às informações obtidas em campo, procedeu-se à construção da base de dados temáticos espaciais, precedida da definição dos elementos fundamentais a serem mapeados, compatíveis com a escala de trabalho.

Alguns dados temáticos foram provenientes de fontes diversas e outros obtidos a partir da interpretação da imagem de satélite, resultando na produção de dez mapas temáticos e uma síntese, totalizando onze mapas integrantes dessa dissertação, conforme descrito a seguir:

Mapas Temáticos

- ❖ Domínios Morfoestruturais;
- ❖ Hipsométrico;
- ❖ Declividade;
- ❖ Desnivelamento Topográfico;
- ❖ Geológico;
- ❖ Títulos Minerários;
- ❖ Dinâmica Fluvial Erosiva;
- ❖ Domínios Pedológicos;
- ❖ Susceptibilidade Erosiva das Formações Superficiais;
- ❖ Unidades da Paisagem.

Mapa Síntese

- ❖ Mapa de Fragilidade Ambiental.

Os mapas temáticos foram construídos com objetivos diferenciados, compondo dois conjuntos de mapas fundamentais para subsidiar a pesquisa. O primeiro conjunto refere-se aos mapas básicos destinados a retratar as características da área e servirem como base para geração de outros mapas temáticos. O segundo conjunto refere-se aos mapas que expressam as variáveis ambientais selecionadas como geoindicadoras, destinadas a subsidiar a elaboração do mapa síntese contendo as áreas de fragilidade ambiental.

A FIG 4 demonstra a distribuição dos mapas temáticos de acordo com sua categoria.



FIGURA 4 - Mapas temáticos básicos



FIGURA 5 - Mapas temáticos geoindicadores que resultaram no mapa de fragilidade ambiental

Mapa dos Domínios Morfoestruturais

O Mapa dos Domínios Morfoestruturais (em anexo) contendo as variáveis geomorfológicas, foi elaborado com base nas informações fornecidas pela interpretação da imagem de satélite, complementadas pelas pesquisas em campo.

Os componentes do Mapa de Domínios Morfoestruturais foram identificados conforme uma ordem taxonômica, constituindo-se no embasamento metodológico no qual se apoiou a análise em questão.

A legenda foi estruturada com informações cruzadas, em forma de tabela, obedecendo às ordens de grandeza das unidades mapeadas, objetivando uma leitura dinâmica e interrelacionada das informações. Na tabela, os domínios morfoestruturais constituem-se no primeiro comando, direcionando a leitura para o sentido horizontal. A seqüência vertical dos domínios obedeceu à ordem cronológica dos eventos, responsáveis pela desnudação da paisagem, iniciando pelos mais antigos em direção aos mais recentes. As cores foram empregadas como recursos gráficos de graduação para designar a segunda ordem de grandeza, representados pelas unidades ambientais. As hachuras designaram as formas de relevo, organizadas segundo seu grau de expressividade geomorfológica, analisadas dentro da ótica da pesquisa.

Mapa Altimétrico

O Mapa Altimétrico (em anexo), expressa os níveis altimétricos apresentados pelos diversos compartimentos topográficos contidos na região. A legenda foi organizada em classes altimétricas representativas dos níveis topográficos das unidades morfoestruturais, bem como das unidades de menores grandezas espaciais mapeadas. Como ferramenta fundamental para a análise da compartimentação de relevo regional, elaborou-se um perfil topográfico como informação complementar ao mapa, direcionado de W para E, demonstrando, desde os níveis mais elevados do relevo até as regiões mais

deprimidas. As informações de altimetria foram utilizadas para subsidiar a análise da compartimentação dos domínios morfoestruturais, entretanto, não se constituíram em variáveis temáticas determinadoras na indicação das áreas de fragilidade ambiental.

Mapa de Declividade

O Mapa de Declividade (em anexo) foi expresso em classes de declividade objetivando registrar as variações dos declives regionais, de acordo com dois critérios, considerados relevantes nas regiões serranas, para indicação das áreas de fragilidade. O primeiro se refere às áreas com declives acentuados, inseridos nas classes de 30° a 45° e de 45° a 100° de inclinação correspondendo, nesse último caso, às Áreas de Preservação Permanente, conforme Lei N° 14.309 de 19.06.2002. O segundo critério focaliza as áreas planas, com declives extremamente suaves que variam de 0 a 3°, consideradas indicadoras da ocorrência de superfícies reliquias mantenedoras de *habitats* específicos, que devem ser preservados.

Mapa de Desnivelamento Topográfico

Para elaboração do Mapa de Desnivelamento Topográfico adotaram-se como método as diferenças altimétricas entre o topo e a base, contada a partir da curva de nível mais alta até a última curva de nível que corta o canal de drenagem de 2ª ordem, conforme classificação de Strahler (1952). As classes de desnivelamento altimétrico foram estabelecidas para representar as unidades de relevo. Essas informações foram primordiais na construção do índice de dissecação do relevo que subsidiou a indicação das áreas de fragilidade. Por ser considerado um mapa de trabalho, optou-se por não incluí-lo no conjunto de mapas em anexo.

Mapa Geológico

Os dados geológicos (em anexo), expressos em formato digital, foram compilados do Projeto Espinhaço (COMIG, 1997). As informações

digitais foram de extrema importância, na análise do substrato rochoso regional e na indicação dos afloramentos de rochas metabásicas com características específicas que apresentam condições de fragilidade.

Mapa de Títulos Minerários

O Mapa de Títulos Minerários (em anexo) objetivou o fornecimento de informações relacionadas às explorações minerais atuais e futuras da região. As informações sobre os títulos minerários da região foram obtidas por meio do módulo GEODIM, introduzido no ArcView. Esse módulo permite a obtenção dos dados espaciais e de seus atributos junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). As informações foram obtidas a partir da relação de municípios abrangidos pela área da pesquisa.

Mapa da Dinâmica Erosiva Fluvial

O Mapa da Dinâmica Erosiva Fluvial (em anexo) foi elaborado a partir da análise quantitativa da densidade hidrográfica e do índice de dissecação das três bacias hidrográficas que compõem a área em estudo, constituindo-se em variável temática importante, geoindicadora de fragilidade. Em função das intensidades diferenciadas da atuação do sistema fluvial, buscou-se analisar o componente que melhor representasse a dinâmica erosiva fluvial e que pudesse ser precisamente indicado com a utilização de medidas quantitativas, representado pelo índice de dissecação.

Para a definição do índice de dissecação foi necessário calcular inicialmente a densidade hidrográfica, definida por Christofolletti (1974) como sendo “a relação existente entre o número de cursos d’água e a área da bacia hidrográfica”. Ou seja:

$$\text{Densidade Hidrográfica} = N/A$$

Onde,

N = Número total de cursos d’água

A = Área da bacia de drenagem

O cálculo da densidade hidrográfica (N/A) foi realizado a partir da delimitação das bacias de drenagens existentes na área e do cálculo da área total dos polígonos, bem como da classificação do curso d'água, a partir do segmento de drenagem localizado entre duas confluências.

O cálculo do Índice de Dissecação (Id), conforme demonstrado por Chistofolletti (1974) é definido como produto da amplitude topográfica pela raiz quadrada da densidade de segmentos (F_S) que representa a densidade de drenagem anteriormente calculada, ou seja:

$$Id = H. (F_S)^{0,5}$$

Onde,

Id = Índice de Dissecação

H = Amplitude topográfica

F_S = Densidade hidrográfica

Os resultados foram tabulados, classificados e expressos cartograficamente no Mapa de Dinâmica Erosiva Fluvial, representando níveis diferenciados de intensidade, traduzidos pelo baixo, médio e alto grau.

Sobre os resultados obtidos aplicou-se o conceito de: zonas de produção, transporte e deposição, de acordo com o método idealizado por Schumm (1977), visando identificar áreas, inseridas nas sub-bacias, que melhor expressam a alta intensidade da dinâmica erosiva.

As zonas de produção correspondem às áreas onde os cursos d'água possuem maior potencial erosivo, gerando maior aporte de sedimentos e são comumente associadas às áreas de cabeceira de drenagem. As zonas de transferência se equivalem às zonas de passagem dos sedimentos para a zona de deposição. Nessa última, o curso d'água diminui sua capacidade de transporte e de erosão, fazendo com que os sedimentos sejam depositados (FIG. 6).

Schumm (1977) define o sistema de drenagem idealizado como um modelo bem próximo da realidade, mesmo considerando que os sedimentos são produzidos, transportados e depositados em todas as zonas. Porém, em cada zona, torna-se preponderante o processo que a caracteriza.

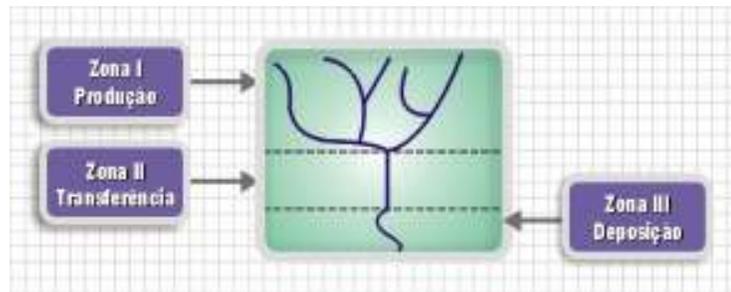


FIGURA 6 - Modelo idealizado de funcionalidade do sistema fluvial

FONTE: Schumm,1977.

De acordo com o método de Schumm (Op.cit.), as zonas de produção da bacia hidrográfica submetida à alta intensidade da dinâmica fluvial, poderiam ser consideradas como geoindicadoras de áreas de fragilidade ambiental. Entretanto, objetivando o refinamento da seleção das áreas de fragilidade, consideraram-se como geoindicadoras de fragilidade em relação ao potencial erosivo dos recursos hídricos, as áreas com maior desnivelamento topográfico, pertencentes às sub-bacias com alto grau da dinâmica erosiva.

O diagrama apresentado na FIG.7 exemplifica o método adotado e as etapas de elaboração.



FIGURA 7 - Análise funcional do sistema hídrico

Mapa de Domínios Pedológicos

A análise conjunta dos mapas Domínios Morfoestruturais e Geológico e do Mapa Pedológico do Projeto Jequitinhonha, de escala 1: 250 000 resultaram na definição do Mapa de Domínios Pedológicos (em anexo), associando duas ou mais classes de solos diferenciados. Para obter melhor resolução cartográfica, foram feitos alguns ajustes na distribuição espacial das unidades pedológicas, desconsiderando manchas de pequena expressão espacial. A classificação dos solos foi feita de acordo com o novo Sistema Brasileiro de Classificação. Foram identificadas, de acordo com a escala adotada, nove classes de solos abrangendo, na área em estudo, espaços significativos.

Mapa de Susceptibilidade Erosiva das Formações Superficiais

Objetivando eliminar a subjetividade do estudo relacionado aos processos erosivos, procedeu-se a uma análise quantitativa das informações temáticas disponíveis, dentro de uma abordagem regional e integrada, possível de expressar os resultados espacialmente.

Para compor os fatores de avaliação das suscetibilidades erosivas das formações superficiais, optou-se por considerar alguns fatores relevantes na Equação Universal de Perdas de Solos BERTONI (1985). Nessa equação, os fatores que afetam as perdas de solo são: erosividade da chuva, erodibilidade dos solos, comprimento do declive, grau de declive, práticas de manejo e conservacionistas. Desses fatores, selecionaram-se aqueles preponderantes ao determinar a susceptibilidade erosiva das formações superficiais da região, acrescidos daqueles cujas informações encontram-se disponíveis na pesquisa. A análise seletiva e complementar dos fatores representativos da Equação Universal de Perdas de Solo resultou nas seguintes variáveis: declividade, densidade hidrográfica, formas das vertentes, erodibilidade dos solos e uso do solo e vegetação.

A variável erosividade das chuvas, não foi considerada devido à pequena dimensão espacial, implicando na homogeneização dos regimes pluviométricos, sem diferenciações significativas.

As variáveis selecionadas que consubstanciaram a definição do potencial natural da área à erosão, foram avaliadas quantitativamente, incorporando valores de 1 a 3 representativos do baixo, médio e alto potencial à erosão.

Na valoração da declividade consideraram-se as declividades médias como sendo as mais propensas ao desenvolvimento dos processos erosivos, resultando na seguinte classificação, conforme a TAB.1.

TABELA 1
Classes de declividade

Classes de Declividade	Valores
0 a 3 °	1
3° a 10°	3
10° a 20°	3
20° a 30°	2
30° a 45°	1
45° a 100°	1
100° a 110°	1

A inserção da variável densidade hidrográfica, na determinação do potencial erosivo da região, deve-se à relevância dos cursos d'água nas relações de equilíbrio entre o desencadeamento dos processos erosivos e as mudanças de níveis de base regionais. Assim sendo, as bacias hidrográficas da região foram valoradas conforme o cálculo das densidades hidrográficas, estabelecendo valor mais alto para a Bacia do Rio Paraúna detentora do maior índice de densidade hidrográfica, seguida respectivamente, das bacias hidrográficas dos rios Jequitinhonha e Velhas, conforme observado na TAB 2.

TABELA 2
Valoração das bacias hidrográficas

Bacias Hidrográficas	Densidade Hidrográfica	Valores
Rio Paraúna	Alta	3
Rio Jequitinhonha	Média	2
Rio das Velhas	Baixa	1

A definição da variável geomorfológica baseou-se na análise das feições diferenciadas das formas de vertentes, identificadas no Mapa das Unidades Morfoestruturais. As feições convexas foram consideradas como mais propensa ao desenvolvimento de processos de erosão, atribuindo-lhes maior valor, acompanhadas das feições côncavas e retilíneas, com valores menores, conforme TAB 3.

TABELA 3
Valoração das formas de relevo

Formas de Relevo	Valores
Convexas	3
Côncavas	2
Retilíneas	1

O fator erodibilidade dos solos refere-se à sua resistência à erosão, destacando as propriedades do solo que influenciam a erosão. Os parâmetros analisados quanto à erodibilidade dos solos, foram adaptados de BERTONI & LOMBARDI NETO (1985, p.258) definindo os seguintes fatores: velocidade de infiltração, permeabilidade e a capacidade de absorção, bem como o fator de coesão das partículas que resiste à dispersão, ao salpicamento, à abrasão e ao transporte pelas águas pluviais.

Dos fatores acima mencionados, selecionou-se os fatores permeabilidade, coesão e profundidade, como relevantes no desenvolvimento das erosões, atribuindo-lhes valores de 1 a 3, conforme seu grau de propensão ao processo erosivo. Os graus de permeabilidade e coesão foram considerados como baixo, médio e alto, associados aos valores inversamente proporcionais, ou seja, designando valor mais baixo para os solos permeáveis e coesos e valor alto para os solos menos permeáveis e coesos, conforme discriminado na TAB 4. Para o fator profundidade, assinalou-se valor mais alto para os solos profundos e mais baixos para os solos menos profundos.

Posteriormente, procedeu-se à análise das formas erosivas predominantes em cada classe de solo existente na região, tendo como base as informações técnicas sobre o tema e o conhecimento prévio das características pedológicas das formações superficiais.

TABELA 4
Valoração dos atributos dos solos

Tipos de Solos	Permeabilidade	Coesão	Profundidade	Somatório dos Valores
Latossolo Vermelho Amarelo	Alta	Alta	Alta	5
Latossolo Vermelho	Média	Baixa	Alta	8
Neossolos Quartzarênicos	Alta	Baixa	Média	6
Neossolos Litólicos	Média	Média	Baixa	5
Cambissolos	Média	Baixa	Média	7
Neossolo Regolítico	Baixa	Média	Média	7
Neossolos Flúvico e Gleissolos	Alta	Baixa	Baixa	5

Para se determinar o grau de erodibilidade dos solos, os valores resultantes foram agrupados em graus de erodibilidade da seguinte forma (TAB.5).

TABELA 5
Classes de erodibilidade dos solos

Valores	Erodibilidade
5	Baixa
6	Média
7 e 8	Alta

Após o estabelecimento do grau de erodibilidade para cada tipo de solo existente na região, procedeu-se a uma nova valoração, estabelecendo valores de 1 a 3 para os domínios pedológicos, expressos no Mapa de

Domínios Pedológicos. Estabeleceu-se como critério a média dos graus de erodibilidade de cada tipo de solo, designando para os graus de erodibilidade alto, médio e baixo os valores 3, 2 e 1. Para os agrupamentos de solos correspondentes aos domínios pedológicos, adotou-se como critério a predominância dos solos nos domínios, da seguinte forma: para os agrupamentos com três tipos diferenciados de solos prevaleceram-se os graus de erodibilidade dos dois primeiros e para os agrupamentos, formados com dois tipos de solos, predominou-se a média dos graus de erodibilidade (TAB.6).

TABELA 6
Valoração da erodibilidade dos solos

Domínios Pedológicos	Erodibilidade	Valores
Afloramento Rochoso e Neossolo Litólico	Baixa	1
Afloramento Rochoso e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico	Baixa	1
Cambissolo Álico e Neossolo Quartzarênico Indiscriminado	Alta	3
Cambissolo, Neossolo Litólico e Neossolos Quatzarênicos	Alta	3
Cambissolo e Neossolo Litólico	Média	2
Cambissolo, Neossolo Litólico e Afloramento Rochoso.	Média	2
Neossolo Regolítico e Cambissolo	Alta	3
Latossolo Vermelho Amarelo	Baixa	1
Neossolo Regolítico, Latossolo Vermelho Amarelo e Cambissolo	Alta	3
Latossolo Vermelho	Alta	3
Neossolo Flúvico e Gleissolos	Baixa	1

A cada categoria de uso do solo e vegetação foram atribuídos valores demonstrativos do grau de proteção oferecido pelas diferentes coberturas vegetais e pelos diversos tipos de uso e manejo do solo. Foram designados valores de 1 a 3, sendo os valores mais baixos para coberturas florestais e arbustivas (Floresta Estacional Semidecidual, Cerradão,

Reflorestamento, Cerrado), os médios para as coberturas rasteiras de campo limpo, campo sujo e campo cerrado, por serem utilizadas como pastagens naturais com técnicas de manejo inadequadas e os valores altos para as pastagens naturais, áreas cultivadas e terrenos com solo exposto, devido à forte movimentação e exposição do solo, conforme TAB.7.

TABELA 7
Valoração das classes de uso do solo e de vegetação

Classes de Uso do Solo e Vegetação	Valores
Floresta Estacional Semidecidual	1
Cerradão	1
Cerrado	1
Campo Cerrado	2
Campo Sujo	2
Campo Limpo	2
Reflorestamento	1
Área Cultivada	3
Pastagem Natural	3
Afloramento Rochoso associado a Campo Rupestre	1
Solos Exposto	3
Mancha Urbana	1

O cruzamento das variáveis temáticas quantificadas levou à individualização de unidades espaciais, expressando os diferentes níveis de susceptibilidade à erosão da área em estudo.

As três unidades individualizadas e espacializadas em setores com alta, média e baixa susceptibilidade erosiva podem ser observadas no Mapa de Susceptibilidade Erosiva das Formações Superficiais.

Mapa das Unidades da Paisagem

As etapas para elaboração do Mapa das Unidades da Paisagem constaram, inicialmente, do mapeamento das categorias de uso do solo e de vegetação existentes na área, a partir da interpretação da imagem de satélite e as averiguações em campo, as quais consistiram na verificação e checagem da interpretação preliminar. As classes mapeadas atingiram um nível de detalhamento permitido pela escala da imagem de satélite de 1: 50 000.

Após a análise da dimensão e distribuição espacial das classes de uso do solo e de vegetação, que configuram a paisagem atual da região investigada, realizou-se a individualização das unidades da paisagem, tendo como referência às diretrizes expostas pelo conceito da Ecologia da Paisagem.

O Mapa das Unidades da Paisagem apresenta como temática principal os fragmentos vegetais e antropizados, agrupados em unidades de matrizes e de mosaicos, conforme os arranjos espaciais apresentados.

Mapa das Áreas de Fragilidade Ambiental

A preparação do mapa síntese, intitulado “Mapa das Áreas de Fragilidade Ambiental”, constitui-se em uma etapa exclusivamente fundamentada no Sistema de Informações Geográficas (**SIG**), com aplicação dos recursos de geoprocessamento, conforme descritos no item procedimentos operacionais.

Na elaboração do mapa síntese foram espacialmente selecionados os geoindicadores contidos em cada mapa temático, todos anexos à essa dissertação, como: Mapa de declividade; Mapa de Dinâmica Fluvial Erosiva, Mapa de Susceptibilidade Erosiva das Formações Superficiais; Mapa Geológico; Mapa dos Domínios Morfoestruturais e Mapa das Unidades da Paisagem.

Os resultados gerados pela sobreposição das capas temáticas foram reclassificados em classes de valores indicadoras de baixo, médio e alto grau de fragilidade, compondo a legenda do mapa final.

3.2) Seleção dos Geoindicadores

Para o desenvolvimento dessa pesquisa fundamentada na sua aplicabilidade funcional, procurou-se estabelecer procedimentos metodológicos calcados em três princípios básicos: a integração interdisciplinar de metodologias de compartimentação da paisagem, a identificação de variáveis de fragilidade e a inserção do componente econômico nos resultados previstos, conforme diagrama esquemático apresentado a seguir (FIG.8).

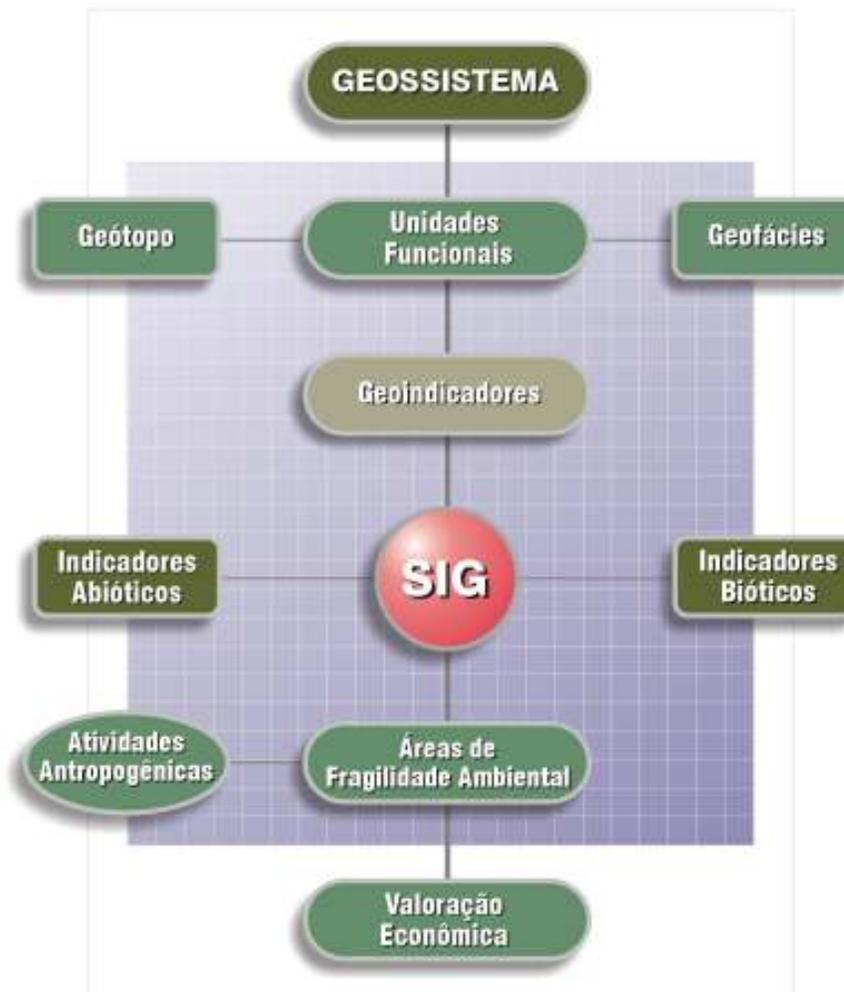


FIGURA 8 - Diagrama metodológico

Os procedimentos metodológicos apresentam-se formulados em cinco etapas fundamentais:

- ❖ Identificação das unidades funcionais;
- ❖ Qualificação das variáveis espaciais relevantes;
- ❖ Quantificação das variáveis espaciais relevantes;
- ❖ Definição das áreas de fragilidade ambiental;
- ❖ Ensaios para valoração das áreas de fragilidade ambiental.

3.2.1) Identificação das Unidades Funcionais

A aplicação da análise geossistêmica, onde se insere o conceito de paisagem, permitiu o entendimento da organização espacial da área em estudo e a conseqüente identificação das unidades espaciais, distribuídas em níveis hierárquicos de diferentes ordens de grandeza. Incorporou-se nessas unidades espaciais o conceito de funcionalidade da dinâmica sistêmica, passando a serem aqui definidas como “unidades funcionais”¹.

A identificação das unidades funcionais constou da análise geomorfológica traduzida pelo estudo dos componentes morfoestruturais, organizados de formas diferenciadas e definidos como Domínios Morfoestruturais. Dentro de cada domínio, foram indicadas as Províncias Geomorfológicas, representando conjuntos de relevo com formas e estruturas semelhantes, equivalendo-se às unidades de menores grandezas espaciais.

A etapa seguinte constou-se da adequação das unidades funcionais ao sistema hierárquico proposto por BERTRAND (1971) composto por escalas de grandeza específicas para os geossistemas.

¹ Christofolletti (1999) considera o termo “funcional” como representante da dinâmica sistêmica diferenciada em cada unidade espacial.

As unidades individualizadas identificadas na análise geomorfológica, representadas pelos Domínios Morfoestruturais e pelas Províncias Geomorfológicas, podem ser respectivamente associadas ao Geofácie e ao Geótopo, conforme exemplificado na FIG.9.

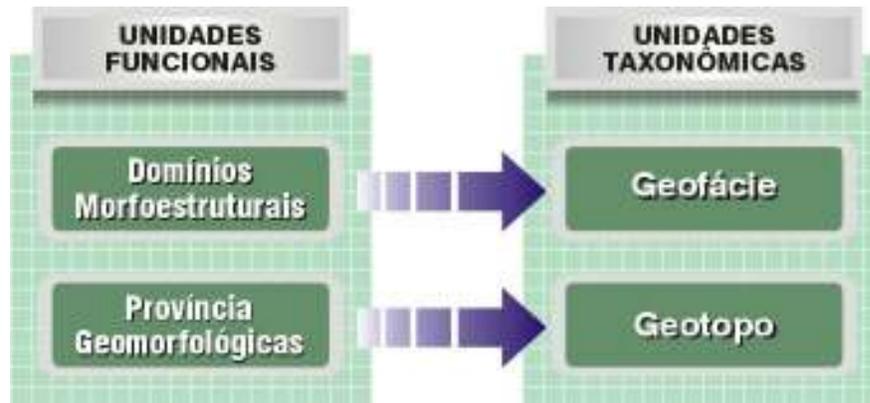


FIGURA 9 - Relação entre unidades funcionais e taxonômicas

As unidades funcionais hierarquizadas foram focalizadas sob a perspectiva ambiental, procurando direcioná-las para as futuras interligações entre o sistema ambiental e econômico.

3.2.2) Qualificação das Variáveis Espaciais Relevantes

Nessa etapa, o ponto essencial consistiu no estabelecimento de geoindicadores responsáveis pelo arranjo estrutural e pelas conexões existentes entre os elementos e suas variáveis espaciais, consideradas relevantes na formação das unidades funcionais.

Adotou-se nessa pesquisa o termo “geoindicador”, porém, direcionado por uma abordagem conceitual integrada na busca do entendimento das interrelações entre as variáveis bióticas, abióticas e antropogênicas.

As variáveis temáticas, consideradas como geoindicadoras de sistemas frágeis, foram selecionadas com base na análise de três parâmetros:

- ❖ Facilidade de identificação na escala adotada;
- ❖ Possibilidade de ser quantificada em termos de expressão espacial;
- ❖ Funcionalidade ambiental.

O Clima, apesar de se constituir em elemento relevante na dinâmica das unidades funcionais, não foi considerado porque a região não apresenta diferenciações representativas nas variáveis de temperatura e pluviosidade que pudessem condicionar a distinção de ambientes.

No sistema geomorfológico foram selecionadas a forma, as variáveis geométricas e as responsáveis pela funcionalidade do sistema.

A forma, indicativa de fragilidade sistêmica por suas funções desempenhadas, está representada pelos relevos residuais, constituídos pelas serras e pelos remanescentes de superfície de aplanamento. A variável geométrica está representada pela declividade. As variáveis responsáveis pelo funcionamento do sistema estão representadas pelos processos de erosão remontante, desenvolvido pela drenagem superficial e pelos processos de erosão acelerada exercidos pelos escoamentos superficiais e subterrâneos.

No sistema geológico, a variável indicativa de fragilidade de acordo com a relevância de suas funções, está representada pelas zonas de contatos litológicos e estruturais e pelas rochas aflorantes como os afloramentos quartizíticos e os diques de rochas metabásicas.

A luz da teoria da “Ecologia da Paisagem” foi considerada, no sistema biótico, como indicativas de fragilidade, as seguintes variáveis:

- ❖ Tamanho do fragmento;
- ❖ Conectividade;
- ❖ Grau de isolamento.

A partir da definição das variáveis espaciais relevantes procedeu-se a classificação, com base nas funções desempenhadas no sistema, como: agentes reguladores, processos dinâmicos e produtos.

Os agentes reguladores do sistema, responsáveis pela compensação dos fluxos de matéria e energia nas unidades funcionais, podendo armazená-la ou transferi-la, referem-se à declividade e a vegetação.

Os processos dinâmicos referem-se aos processos de erosão remontante e de erosão acelerada responsáveis pela evolução e mudanças nas unidades funcionais.

Os produtos resultam das respostas ao funcionamento das unidades funcionais como: remanescentes de superfícies de aplanamentos, serras, escarpamentos, afloramentos rochosos ruiformes e os afloramentos de rochas metabásicas.

A funcionalidade sistêmica de cada variável espacial pode ser observada no QUADRO 1.

QUADRO 1
Função dos geoindicadores na dinâmica das unidades funcionais

FUNÇÕES	VARIÁVEIS
AGENTE REGULADOR	Declividade Vegetação
PROCESSO DINÂMICO	Processo de erosão remontante realizado pela drenagem Processo de erosão acelerada
PRODUTO	Remanescentes de superfície de aplanamento Escarpamentos Afloramento de rochas metabásicas Afloramentos ruiformes

Funcionalidade Ambiental dos Geoindicadores

Após o conhecimento do papel desempenhado pelos geoindicadores nas unidades funcionais, procedeu-se ao levantamento e análise das funções exercidas pelos geoindicadores, em relação às conexões entre os elementos componentes da paisagem incluindo o fator antropogênico. Os resultados da análise são visualizados em quadros visando melhor explicitar as correlações temáticas entre as variáveis espaciais de cada subsistema inseridos nos domínios morfoestruturais.

QUADRO 2
Funções das variáveis espaciais do subsistema geológico no domínio morfoestrutural dos relevos residuais

Subsistema Geológico	
Estrutura	Litologia
Indicar sítios de importância paisagística, científica, educacional e cultural;	Promover a individualização da paisagem;
Indicar zonas de recarga de aquífero;	Promover a sustentação da paisagem;
Indicar base para expressividade de habitats campestres.	Indicar ocorrência de paleoambientes como fonte de pesquisa;
	Indicar sítios de importância paisagística, científica, educacional e cultural;
	Indicar presença de registros pré-históricos.

QUADRO 3
Funções das variáveis espaciais do subsistema geomorfológico no domínio morfoestrutural dos relevos residuais

Subsistema Geomorfológico		
Forma	Declividade	Drenagem
Promover a individualização da paisagem;	Indicar áreas de preservação permanente (APP)	Indicar zonas de início da organização da drenagem
Indicar sítios de importância paisagística, científica, educacional e cultural;	Indicar zonas de contatos entre as variáveis espaciais representativas de ocorrência de processos hidrológicos.	
Indicar registros de processos paleoclimáticos;		
Indicar evidências de paleoambiente.		

QUADRO 4
Funções das variáveis espaciais do subsistema biótico no domínio morfoestrutural dos relevos residuais

Subsistema Biótico
Fragmentos

Indicar presença de habitats de campo rupestre;

Indicar sítios de importância paisagística, científica, educacional e cultural.

QUADRO 5
Funções das variáveis espaciais do subsistema geológico no domínio morfoestrutural das áreas aplanadas

Subsistema Geológico	
Estrutura	Litologia
Indicar sítios de importância paisagística, científica, educacional e cultural;	Promover a individualização da paisagem;
Indicar zonas de recarga de aquífero;	Promover a sustentação da paisagem;
Indicar base para expressividade de habitats campestres.	Indicar presença de registros pré-históricos;
	Indicar sítios de importância paisagística, científica, educacional e cultural.

QUADRO 6

Funções das variáveis espaciais do subsistema geomorfológico no domínio morfoestrutural das áreas aplanadas

Subsistema Geomorfológico		
Forma	Declividade	Drenagem
Promover a individualização da paisagem;	Indicar presença de superfícies reliquiárias;	Indicar zonas de início da organização da drenagem
Indicar sítios de importância paisagística, científica, educacional e cultural;		Indicar zonas de cabeceiras de drenagem;
Indicar ocorrência de paleoambientes como fonte de pesquisa;		Promover as condições de equilíbrio na bacia de drenagem
Indicar registros de processos paleoclimáticos;		Receptar o escoamento subsuperficial;
Indicar zonas de contato, representativas de processos interativos		Indicar base para cadeia trófica do sistema ribeirinho;
Indicar ocorrência de processos pedológicos interativos como formação de zonas com solo turfoso;		Indicar trechos com melhor qualidade de água que possibilite a existência de espécies indicadoras da biodiversidade do sistema ciliar;
Indicar presença de solos quartzarênicos responsáveis pela recarga de águas superficiais;		Favorecer a presença de diques aluviais responsáveis pela contenção de enchetes;
Indicar base para expressividade de habitats campestres.		Favorecer a presença de diques aluviais que dão suporte para implantação de vegetação riparia específica;
Indicar ocorrência de espécies de sempre-vivas;		Promover o escoamento direto e indireto das águas de chuva;
Indicar zonas dissipadoras da drenagem		Promover o transporte de nutrientes dos ecossistemas terrestres;
Indicar presença de depósitos fluviais como áreas de ocorrência de jazidas de ouro e diamante;		Indicar zonas de suprimento de água potável para população urbana;
Indicar presença de depósitos arenosos para dar suporte à construção civil.		

QUADRO 7
Funções das variáveis espaciais do subsistema biótico no
domínio morfoestrutural das áreas aplanadas

Subsistema Biótico	
Fragmentos	Corredores de Matas Galerias
Indicar presença de habitats campestres;	Promover a manutenção da qualidade de água;
Indicar presença de habitats florestais;	Promover a filtragem superficial de sedimento e herbicidas provenientes das áreas de cultivos;
Indicar zonas dissipadoras da drenagem;	Atrair grande número de espécies da avifauna de ampla distribuição geográfica;
Indicar ocorrência de espécies de sempre vivas;	Receptar o escoamento subsuperficial;
Indicar presença de rochas metabásicas como recurso de pesquisa;	Promover a retenção de nutrientes por meio de seu sistema radicular;
Promover o equilíbrio entre as formações vegetacionais transicionais entre os biomas da Mata Atlântica e do Cerrado;	Promover o aumento da capacidade de armazenamento de água na microbacia de drenagem permitindo a vazão hídrica na estação seca;
Promover a melhoria da qualidade do ar e da água, favorecendo a existência de microclimas;	Promover o efeito de ecótono ou de borda, favorecendo a concentração e a diversidade de espécies em uma transição vegetacional;
Indicar base interativa para expressividade de habitats campestres;	Funcionar como fonte de refúgio e alimento para a fauna regional;
Funcionar como fonte de refúgio e alimento para a fauna regional;	Promover o fluxo de espécies da fauna entre os fragmento vegetais e campestres;
Indicar sítios de importância paisagística, científica e educacional.	Indicar presença de espécies indicadoras do sistema hidrófilo das matas;
	Promover o fluxo gênico ao longo da paisagem;
	Promover a estabilização das margens dos cursos d'água;
	Promover o fornecimento de matéria orgânica como fonte nutricional para a biota aquática;
	Favorecer a existência de micro-habitats aquáticos;
	Atenuar a radiação solar favorecendo o equilíbrio térmico da água.

QUADRO 8
Funções das variáveis espaciais do subsistema geológico no domínio morfoestrutural das áreas dissecadas

Subsistema Geológico
Litologia

Indicar base para expressividade de habitats florestais.

QUADRO 9
Funções das variáveis espaciais do subsistema geomorfológico no domínio morfoestrutural das áreas dissecadas

Subsistema Geomorfológico	
Forma	Drenagem
Indicar áreas susceptíveis à erosão;	Indicar processo de erosão remontante;
Indicar áreas submetidas à erosão remontante;	Indicar trechos dos cursos d'água com melhor qualidade de água que possibilite a existência de espécies indicadoras da biodiversidade do sistema ciliar;
Indicar presença de depósitos fluviais como áreas de ocorrência de jazidas diamante e ouro;	Indicar base para cadeia trófica do sistema ribeirinho;
Indicar presença de depósitos arenosos para dar suporte à construção civil.	Receptar o escoamento subsuperficial;
	Favorecer a presença de diques aluviais responsáveis pela contenção de enchetes;
	Favorecer a presença de diques aluviais que dão suporte para implantação de vegetação riparia específica;
	Promover o escoamento direto e indireto das águas de chuva;
	Promover o transporte de sedimento provenientes das erosões;
	Promover o transporte de nutrientes dos ecossistemas terrestres;
	Indicar zonas de suprimento de água potável para população urbana;
	Indicar zonas de suprimento de água para o desenvolvimento das atividades agrupecuárias;
	Indicar áreas de aproveitamento de lazer e turismo.

QUADRO 10
Funções das variáveis espaciais do subsistema biótico no domínio morfoestrutural das áreas dissecadas

Subsistema Biótico	
Fragmentos	Corredores de Matas Galerias e Ciliares
Indicar presença de habitats Florestais;	Promover a manutenção da qualidade de água
Indicar presença de habitats do bioma do cerrado (<i>sensu lato</i>);	Promover a filtragem superficial de sedimento e herbicidas provenientes das áreas de cultivos;
Funcionar como fonte de refúgio e alimento para a fauna regional;	Atrair grande número de espécies da avifauna de ampla distribuição geográfica
Funcionar como suporte às atividades pastoris;	Receptar o escoamento subsuperficial;
Promover a interceptação das águas de chuvas controlando a erosão;	Promover a retenção de nutrientes por meio de seu sistema radicular;
Promover o aumento da capacidade de armazenamento de água na microbacia de drenagem permitindo a vazão hídrica na estação seca;	Promover o aumento da capacidade de armazenamento de água na microbacia de drenagem permitindo a vazão hídrica na estação seca;
Promover o equilíbrio entre as formações vegetacionais transicionais;	Promover o efeito de ecótono ou de borda, favorecendo a concentração e a diversidade de espécies em uma transição vegetacional;
Indicar presença de rochas metabásicas como recurso de pesquisa;	Funcionar como fonte de refúgio e alimento para a fauna regional;
Promover a proteção das formações superficiais contra os processos erosivos principalmente daquelas suscetíveis à erosão.	Promover o fluxo de espécies da fauna entre os fragmentos vegetais e campestres;
	Indicar presença de espécies indicadoras do sistema hidrófilo das matas;
	Promover o fluxo gênico ao longo da paisagem;
	Promover a estabilização das margens dos cursos d'água;
	Promover o fornecimento de matéria orgânica como fonte nutricional para a biota aquática;
	Favorecer a existência de micro-habitats aquático;
	Atenuar a radiação solar favorecendo o equilíbrio térmico da água.
	Promover o aumento da capacidade de armazenamento de água na microbacia de drenagem permitindo a vazão hídrica na estação seca.

QUADRO 11
Funções das variáveis espaciais do subsistema geológico no domínio morfoestrutural das escarpas

Subsistema Geológico	
Estrutura	Litologia
Promover a individualização da paisagem;	Promover a individualização da paisagem;
Promover a sustentação da paisagem;	Promover a sustentação da paisagem;
Promover a infiltração das águas pluviais por meio das zonas de fraturas.	Promover a infiltração das águas pluviais por meio das zonas de contato.

QUADRO 12
Funções das variáveis espaciais do subsistema geomorfológico domínio morfoestrutural das escarpas

Subsistema Geomorfológico	
Forma	Declividade
Indicar áreas de contato ou fraturas nas litologias susceptíveis à movimentos de massa.	Indicar áreas de preservação permanente (APPs);
	Indicar áreas com declive acentuado que representam zonas de contato ou fraturas nas litologias.

QUADRO 13
Funções das variáveis espaciais do subsistema biótico no domínio morfoestrutural das escarpas

Subsistema Biótico
Fragmentos
Indicar presença de habitats campestres e florestais.

3.2.3) Quantificação das Variáveis Espaciais Relevantes

Para subsidiar a quantificação das variáveis espaciais as funções desempenhadas pelas variáveis espaciais como geoindicadoras de fragilidade ambiental, descritas nos Quadros 2 a 13, foram sintetizadas em quatro grupos principais, como:

- ❖ Função de Equilíbrio;
- ❖ Função Hidrológica;
- ❖ Função Ecológica;
- ❖ Função Paisagística.

No processo de quantificação optou-se por adotar uma escala de pesos representante do mínimo de subjetividade possível, apresentando valores variando de 1 a 3. Devido à importância de cada função e o fato de que algumas variáveis apresentarem três funções relevantes, procedeu-se a quantificação estabelecendo o peso 1 para cada uma, conforme demonstrado no QUADRO 14.

QUADRO 14

Valoração das Variáveis Espaciais

AGENTE REGULADOR	FUNÇÃO AMBIENTAL	PESOS	TOTAL
Vegetação	Função Hidrológica	1	3
	Função Ecológica	1	
	Função Paisagística	1	
Declividade	Função Paisagística	1	1
PROCESSO DINÂMICO	FUNÇÃO AMBIENTAL	PESOS	
Erosão Remontante	Função de Equilíbrio	1	1
Erosão Acelerada	Função de Equilíbrio	1	1
PRODUTO	FUNÇÃO AMBIENTAL	PESOS	
Superfícies de Aplanamento	Função Hidrológica	1	3
	Função Ecológica	1	
	Função Paisagística	1	
Escarpas	Função Hidrológica	1	1
Serras	Função Hidrológica	1	3
	Função Ecológica	1	
	Função Paisagística	1	
Afloramento Ruiniformes	Função Hidrológica	1	2
	Função Ecológica	1	
Rochas Metabásicas	Função Ecológica	1	1

3.2.4) Definição das Áreas de Fragilidade Ambiental

As áreas de fragilidade ambiental resultam da combinação das variáveis ambientais relevantes no sistema ambiental.

Os resultados numéricos, derivados da quantificação dos geoindicadores, foram agrupados em classes direcionadas ao estabelecimento de níveis hierárquicos de fragilidade compostos pelo baixo, médio e alto graus, conforme demonstrado no Mapa de Fragilidade Ambiental, em anexo.

3.2.5) Ensaio de Valoração Econômica das Áreas de Fragilidade Ambiental

No âmbito dessa análise não se pretende designar valores monetários aos componentes ambientais e sim constituir uma base analítica sólida de integração entre os subsistemas ecológicos e econômicos, visando futuras intervenções econômicas, resultante de impasses de difícil solução (FIG.10).

A abordagem econômica desenvolvida refere-se à adoção de uma concepção integrada do sistema ambiental, direcionada ao manejo dos recursos ambientais, tratando-se de uma primeira aproximação e havendo necessidade de maior detalhamento em pesquisas futuras.

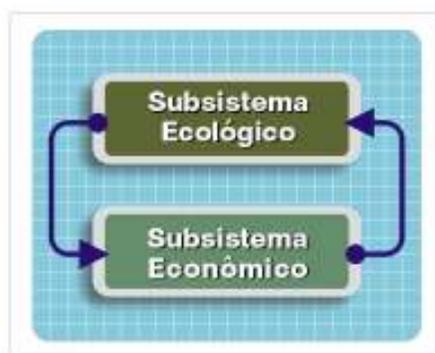


FIGURA 10 - Mecanismo de interação entre os subsistemas ecológico e econômico

A proposta metodológica, como desafio de integrar os subsistemas ecológicos e econômicos, resulta na introdução de novos indicadores dos diversos mecanismos de pressão antropogênica existentes na área passíveis de orientar os métodos de valoração econômica, conforme demonstrado no fluxograma da FIG.11.

Os níveis hierárquicos de classificação das áreas de fragilidade ambiental se constituíram no referencial básico para determinação do valor ecológico. Na análise econômica consideraram-se as áreas com médio e alto grau de fragilidade, dando suporte à identificação dos mecanismos de pressão antropogênicas.



FIGURA 11 - Roteiro metodológico de integração entre as áreas de fragilidade ambiental e os mecanismos de pressão antropogênicas

Inicialmente, procedeu-se à identificação e análise dos usos vocacionais da área estudada, sendo de fundamental importância para determinação efetiva dos mecanismos de pressão antropogênicas.

Os usos vocacionais traduzidos pelas práticas agrícolas, pastoreio bovino, reflorestamento, atividades extrativas e expansão urbana, foram classificados conforme dois critérios:

- ❖ Abrangência espacial de cada atividade;
- ❖ Transformações geradas face à fragilidade dos ambientes de inserção.

A aplicação desses dois critérios gerou nos seguintes níveis de pressão:

- ❖ Pressão Reduzida;
- ❖ Pressão Moderada;
- ❖ Pressão Intensa.

No quadro dessas três perspectivas, sugeriram-se padrões diferenciados de tratamento econômico para os recursos ecológicos existentes nas áreas de fragilidade sujeitos as pressões intensificadas exercidas pelas atividades antropogênicas, identificando o valor real, valor da opção e valor da existência.

3.3) Técnica

3.3.1) Material Utilizado

A pesquisa ora desenvolvida contou com os seguintes materiais básicos:

- ❖ Material bibliográfico e cartográfico;
- ❖ Imagem de satélite LANDSAT - 7 escala 1: 50.000 de 2002, em formato digital;
- ❖ Arquivo digital do Projeto GeoMinas, escala 1: 100 000, de 1996 e referente aos dados de drenagem, curva de nível, sedes municipais, limites municipais, estradas e pontos cotados;
- ❖ Mapa pedológico escala 1: 250 000, do projeto Jequitinhonha do CETEC (1980), folha de Curvelo.
- ❖ Cartas do Brasil do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE – Folhas de Corinto, Diamantina, Rio Vermelho, Curvelo, Presidente Kubitschek e Serro, escala 1: 100 000;

- ❖ Mapas impressos e arquivo digital do Projeto Espinhaço, COMIG (1997) – Folhas Diamantina, Rio Vermelho, Serro e Presidente Kubitschek, escala 1:100 000;
- ❖ Arquivo Digital do Departamento Nacional de Pesquisa Mineral – DNPM, de 2004.

Nos trabalhos de campo, utilizou-se o Sistema de Posicionamento Global - GPS como recurso complementar à localização dos pontos checados.

3.3.2) Procedimentos Operacionais

Para se atingir os objetivos da pesquisa foram utilizadas técnicas de geoprocessamento com a aplicação do **SIG** (Sistema de Informações Geográficas), traduzido do GIS (Geographic Information System) e adotado como instrumento de elaboração eletrônica que permite a coleta, a gestão, a análise e a representação automatizada de dados georreferenciados.

Com base nas funções do **SIG**, adotaram-se como procedimentos operacionais para o desenvolvimento desse estudo a organização de uma base de dados temáticos georreferenciados, em modelos vetoriais e raster, contendo variáveis temáticas passíveis de serem manipuladas para gerar um mapa síntese representante das áreas de fragilidade ambiental.

Base de Dados

A organização da base de dados se constituiu em uma etapa relevante, devido ao seu caráter operacional, permitindo o adequado funcionamento do **SIG**.

O processo de tratamento dos dados temáticos envolveu quatro funções fundamentais do **SIG**:

- ❖ Entrada;
- ❖ Gestão;

- ❖ Transformação e análise;
- ❖ Edição.

Entrada de Dados

A entrada das informações temáticas configurou-se em uma etapa de extrema importância, requerendo o preparo dos dados, buscando atingir uma melhor padronização. Nessa etapa, adotaram-se procedimentos de correção de erros, generalização de tipologias de dados espaciais e introdução de atributos.

Os dados espaciais referem-se ao conjunto de informações temáticas representadas pela: geologia, altimetria, declividade, desnivelamento topográficos, áreas de titularidade minerária, solos, relevo, uso do solo e vegetação e dinâmica fluvial erosiva.

Alguns dados temáticos provenientes de diversas fontes e em formatos distintos, implicou na necessidade de homogeneização antes da introdução no **SIG**. O processo de homogeneização envolveu especificamente os dados espaciais geológicos, elaborados em formato Macrostation, sendo importado para o ArcView para sua introdução no **SIG**.

Os dados altimétricos foram organizados em estrutura raster, constituída por uma matriz de pontos (grid), sendo cada ponto um pixel. Esses dados foram obtidos a partir da manipulação das informações de base, por meio do emprego dos softwares MAPInfo, ARCInfo (Módulo topogridtool) e ArcView (Módulo Spatial Analyst) utilizado para o tratamento das informações raster, gerando o Modelo Digital de Elevação (**MDE**).

O **MDE** se define como uma malha quadrada na projeção **UTM**, cobrindo toda a região estudada. A partir do **MDE**, foram aplicados procedimentos de reclassificação dos dados, gerando os mapas Hipsométrico e de Declividade.

Os mapas temáticos restantes foram organizados em estrutura vetoriais com seus atributos associados. Os dados referentes ao uso do solo e vegetação e as províncias morfoestruturais foram adquiridos a partir da interpretação, do tipo ponto a ponto, da imagem digital TM do satélite LANDSAT-7, sensor “Thematic Mapper”, cena 218/73, bandas 3, 4, 5 e 8, de 23/04/2000. A cena foi georreferenciada e interpretada por meio do software ArcView, versão 3.2.

Outra forma de obtenção dos dados foi por meio do uso do **GPS** (Sistema de Posicionamento Global). Esses dados se relacionaram às informações de campo, localizadas pelas coordenadas geográficas, permitindo seu tratamento de forma digital.

Gestão dos Dados

Refere-se às operações de organização dos dados espaciais. Cada mapa temático foi organizado com a adoção de um critério particular, de acordo com a definição das variáveis temáticas relevantes. A partir dos mapas temáticos realizou-se operação de seleção e recuperação das variáveis temáticas, procedendo ao rearranjo dos dados espaciais.

Transformação e Análise dos Dados

Considera-se de fundamental importância essa função do **SIG**, porque permite a obtenção de novos dados a partir dos originalmente existentes.

Nessa fase, foram realizadas as sobreposições dos dados espaciais temáticos, representando a estratificação dos elementos integrantes da paisagem, objetivando a definição de novas informações a partir da síntese dos temas, indicando as áreas de fragilidade ambiental, conforme pode ser exemplificado na FIG.12.

Adotaram-se como primeiro procedimento para a elaboração do mapa síntese, a organização e o tratamento das variáveis temáticas responsáveis pela definição das áreas de fragilidade ambiental. Nesse processo, excluíram-se os dados hipsométricos por considerá-los irrelevantes na definição das áreas de fragilidade ambiental.

Os componentes temáticos, em modelo vetorial, foram transformados para o modelo raster, formado por um grande conjunto de células regulares, de igual forma e tamanhos e de resolução 15 por 15m, compatível com o pixel da imagem de satélite que serviu como base para a elaboração das variáveis temáticas relacionadas ao uso do solo e vegetação e domínios morfoestruturais.

Posteriormente, procederam-se à valoração das componentes temáticas, estabelecendo valores quantitativos para os conjuntos de células que representam espacialmente os geoindicadores os espaços não relevantes na análise, conforme se observa na TAB. 8.

TABELA 8
Valoração das células em modelo raster

Unidades Representadas	Valores
Células (Geoindicadores)	Variando de 0 a 3
Células (Não Consideradas)	0

A representação em modelo raster, demonstrada na FIGURA 12, gerou um elevado número de células, tendo em vista as dimensões espaciais da área estudada.

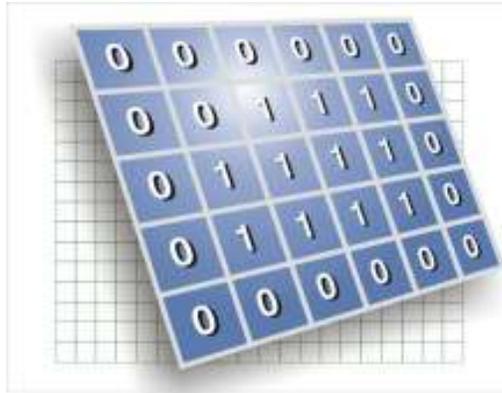


FIGURA 12 - Representação das variáveis temáticas em modelo raster

FONTE: Barredo, J.I., 1996. p. 27.

Uma vez estabelecidos os atributos numéricos das células geradas pelo modelo raster, procedeu-se à sobreposição dos componentes temáticos, objetivando gerar um novo mapa temático com registros dos atributos dos componentes temáticos.

Concomitantemente aos procedimentos de sobreposição, realizou-se uma operação aritmética de adição entre as células dos mapas temáticos, produzindo como terceiro produto representado no mapa síntese, conforme demonstrado na FIG.13.

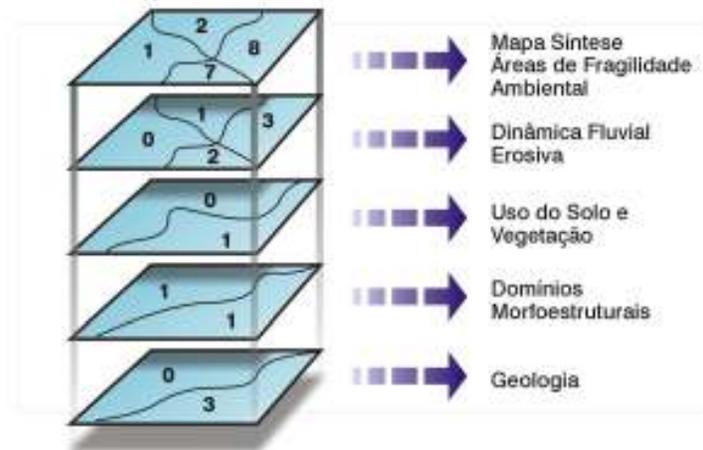


FIGURA 13 - Modelo esquemático de sobreposição das variáveis temáticas

ADAPTADO DE: Barredo, J.I., 1996. p. 34.

Os resultados contidos no mapa síntese, expressos pelo modelo raster, foram posteriormente transformados no modelo vetorial, constituindo-se em polígonos com atributos homogêneos.

Segue-se à etapa de transformação vetorial, a aplicação de uma nova operação de união dos polígonos com o mesmo atributo numérico.

De posse dos resultados procedeu-se às operações de reagrupamento e classificação das áreas de fragilidade ambiental, de acordo como o parâmetro estatístico demonstrado na TAB. 9.

TABELA 9
Classes de fragilidade

CLASSES DE FRAGILIDADE	GRAUS DE FRAGILIDADE
1 - 2	Baixo
3 - 6	Médio
7 - 14	Alto

Edição dos Dados

Os dados foram editados pelo software ArqView, em formato de mapas temáticos, na escala 1: 130 000, totalizando um conjunto de dez mapas temáticos. Nesse conjunto, está incluído o mapa síntese intitulado “Mapa das Áreas de Fragilidade Ambiental”. Os mapas restantes se referem aos temas abordados responsáveis pela análise integradora da paisagem e pela definição das áreas de fragilidade ambiental.

CAPÍTULO 4

PAISAGEM: ESTRUTURA, GÊNESE E COMPARTIMENTAÇÃO

4.1) Aspectos Climáticos

A região em estudo abrange unidades morfoestruturais topograficamente distintas, expostas à incidência de climas com pequenas diferenciações em suas variáveis climáticas como pluviosidade e temperatura.

A superfície cimeira, nivelada em contas altimétricas superiores a 1150 metros, encontra-se sobre atuação do clima subtropical moderado úmido, segundo a classificação de GOLFARI (1975. p. 21) e do clima mesotérmico brando, conforme classificação de NIMER (1989. p 305).

O clima subtropical moderado úmido de GOLFARI (Loc. cit.) caracteriza-se por apresentar temperatura média anual variando entre 17° e 18,5° C, sendo que nos meses mais frios, varia de 13,5° e 15,5° C e nos mais quentes, de 20° e 21° C. A pluviosidade média anual varia de 1450 mm a 1800 mm; caracterizada por um regime de distribuição periódica, predominando nos meses mais quente. O inverno é seco apresentando um pequeno déficit hídrico, geralmente inferior a 30 mm anuais.

NIMER (Op.cit. p. 278) considera que nas regiões elevadas do sudeste do Brasil, o resfriamento do ar¹ não permite temperaturas muito altas, reduzindo a média de máximas diárias a valores inferiores a 29° C. No caso específico do Planalto do Espinhaço, o fator altitude, condiciona a existência de temperaturas amenas o ano todo, indicando médias anuais em torno de 19° C e 18° C (Ibidem. p. 305). O verão é brando e seu mês mais quente acusa médias entre 20° C e 18° C. O inverno possui pelos menos um mês com temperatura média inferior a 15° C, porém nunca descendo abaixo de 10° C, (ibidem. p. 305).

¹ Resfriamento do ar devido à diminuição da quantidade de vapor d'água NIMER (1989. p. 267).

Em relação à umidade, a região do Planalto do Espinhaço fica submetida de três a quatro meses de precipitação com índices superiores a 1000 mm (NIMER, 1989. p. 292). Dados mais detalhados relacionados ao clima da região do Espinhaço, foram obtidos do projeto PROSAN (MONTGOMERY WATSON LTDA et al, 1996). Os dados pluviométricos contidos nesse projeto indicam 1.700 mm de chuva na região de Diamantina e valores médios de umidade relativa do ar variando em torno de 80%.

A medida que se desce do andar montano do Planalto do Espinhaço, em direção aos vales dos rios Jequitinhonha e Velhas nos níveis altimétricos entre 550 a 1150 metros, o clima torna-se mais quente recebendo influências do clima subtropical moderado úmido do andar montano e do clima subtropical úmido e subúmido, GOLFARI (1975. p. 23). Essa região pode ser caracterizada como uma zona de transição climática referindo-se, na área em estudo, às regiões rebaixadas dos vales dos rios Jequitinhonha e Velhas. O clima das áreas deprimidas apresenta médias anuais de temperatura superiores ao do andar montano, equivalentes a 19° e 22° C e médias anuais de pluviosidade inferiores, variando em torno de 1150 mm a 1450 mm, GOLFARI (Ibidem. p. 23). Nessas regiões circundantes do Planalto do Espinhaço, os valores médios da umidade relativa variam em torno de 75%.

NIMER (Ibidem. p. 307) caracteriza as depressões dos vales do Rio São Francisco e do Rio Jequitinhonha como submetidas a um clima com tendências à semi-aridez branda, apresentando 6 meses secos e temperaturas mais elevadas. As regiões de cabeceiras desses rios, localizadas no Planalto do Espinhaço, encontram-se submetidas a um clima mais brando com temperaturas menos elevadas do tipo mesotérmico brando e úmido, com quatro a cinco meses secos.

4.2) Evolução Estrutural do Planalto do Espinhaço

A Serra do Espinhaço constitui-se em importante divisor de águas entre as bacias hidrográficas dos rios: Doce, São Francisco e Jequitinhonha, configurando-se como um planalto de grande extensão, alinhado no sentido geral norte-sul com pequenas inflexões para oeste e para leste.

A configuração atual do relevo do Planalto do Espinhaço reflete o condicionamento estrutural em que foi submetido durante uma seqüência de eventos tectônicos ocorridos em períodos geológicos subseqüentes do pré-cambriano.

Segundo SAADI (1995. p. 42.), as primeiras manifestações ocorreram no final do proterozóico inferior sob incidência do ciclo desnudacional da plataforma que ocasionou o acúmulo de sedimentos nas depressões formadas pelo processo de riftiamento.

O rift do Espinhaço representa uma bacia de extensão representativa estendendo-se por, aproximadamente 1500 km a partir do Quadrilátero Ferrífero, em direção ao norte de Minas Gerais, cortando as camadas do embasamento cristalino e suas intercalações vulcano-sedimentares, segundo DUSSIN et al (1995. p. 11).

A fase desnudacional ocasionou o preenchimento do rift do Espinhaço com espessas camadas de quartzitos intercaladas de metaglomerados e filitos, posteriormente subdivididos em duas unidades: a seqüência basal, preenchida por metassedimentos fluviais e marinhos e uma seqüência superior de metassedimentos marinhos, representando uma sedimentação pós-rift de caráter transgressivo. A parte inferior da seqüência basal é formada pelas rochas vulcânicas com estruturas magmáticas localmente preservadas, (Loc.cit).

Em fase posterior aos eventos desnudacionais correspondentes ao proterozóico médio, à região esteve submetida aos esforços compressivos, direcionados de E para W, formando-se o Orógeno do Espinhaço. Esses esforços produziram empurrões e dobras nas rochas do Grupo Espinhaço e a intrusão de corpos rochosos, associados aos eventos magmáticos. Dussin et al (1995. p. 12), demonstram que os “eventos magmáticos são relacionados a fraturação da crosta mesoproterozóica de características rígidas e implicam numa perturbação térmica no manto subjacente nesse período”.

Durante a formação do orógeno do Espinhaço associado a cinturões de dobramentos e empurrões, surgiu o anticlinório de Gouveia, considerado como uma das estruturas regionais dominantes da paisagem desse planalto, conforme PFLUG (citado por ALKIMIM, 1995. p. 1). Essa feição morfoestrutural corresponde à uma “culminação antiformal de cobertura, associada entre as dobras e falhas de empurrão (ALMEIDA, 1985, SCHÖL e FOGAÇA, 1981, citados por ALKIMIM, 1995. p. 1), ancoradas no embasamento cristalino”. Quanto ao processo de rebaixamento do anticlinório de Gouveia, VALADÃO (1998, p. 438) descreve que os constantes soerguimentos epirogênicos do Espinhaço e, em contrapartida, a ação do intemperismos e da dissecação sobre rochas granitóide de menor resistência litológica, conduziram ao escavamento gradual do anticlinório, resultando em uma “depressão de 300 metros de profundidade, encravada no assoalho granítico e inteiramente bordejada por escarpas quartzíticas e xistosas com caimentos sub-verticais”.

Ao proterozóico médio também se relaciona à retomada do ciclo denudacional responsável pela denudação do Orógeno do Espinhaço e conseqüente formação de extensos depósitos, essencialmente detríticos do Grupo Macaúbas, SAADI (1995).

No período seguinte, relacionado ao proterozóico superior, ocorreu a subsidência do Craton do São Francisco e posterior sedimentação do Grupo Bambuí. A separação do Continente Gondwânico e conseqüente reativação das estruturas rochosas, resultantes da tectônica compressional, do

proterozóico superior, resultou na sobreposição das seqüências rochosas do Supergrupo Espinhaço sobre as dos Grupos Macaúbas e Bambuí, dispendo, em posição inversa aos períodos geológicos de formação, as quatro unidades litoestratigráficas determinantes no relevo do Planalto do Espinhaço, representadas pelo complexo Gouveia, Grupo Bambuí, Grupo Macaúbas e Supergrupo Espinhaço, SAADI (1995, p. 42).

Conforme SAADI (Ibidem. p.43), o condicionamento estrutural do Planalto do Espinhaço pode ser evidenciado pelas seguintes feições: a vergência para W apresentada pelas principais estruturas regionais que são formadas por empurrões e dobras; o escarpamento da borda oeste, correlacionado ao front de cavalgamento; os falhamentos da borda leste, configurando o “cinturão de cavalgamento situado na zona proximal da colisão continental que edificou o Orógeno do Espinhaço”.

A área em estudo, inserida no setor meridional do Planalto do Espinhaço, evidencia todas as feições tectônicas que tipificaram esse planalto e as peculiaridades do relevo regional como: o escarpamento do limite oeste da área, com acentuado desnivelamento topográfico de 550 a 600 metros, relacionado ao front de cavalgamento; as unidades serranas com denominações variadas como as serras do Campo da Ema, Bonita, do Ouro Fino, das Agulhas, do Galheiro, da Tromba D’Anta, Matriculada, dos Cristais, Lapa Pintada e etc., constituindo-se em formas residuais com altitudes de 1350 a 1450 metros, alinhadas no sentido preferencial N-S, equivalendo-se às estruturas anticlinais do Supergrupo Espinhaço e as falhas de empurrão, no sentido W-E, onde afloram diferentes grupos litológicos, bem como os falhamentos transversais às características das rochas desse Supergrupo evidenciadas na porção leste da área.

4.3) Litologias Ocorrentes

As informações sobre o quadro litológico que compõe o arcabouço da região em estudo basearam-se nos levantamentos geológicos, desenvolvidos na região de Diamantina, para elaboração do “Projeto Espinhaço” (COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS – COMIG, 1997).

A região em estudo apresenta-se constituída por seis grandes conjuntos de rochas arqueanas e proterozóicas, que refletem evoluções geotectônicas distintas, como: Grupo Macaúbas, Supergrupo Espinhaço, Grupo Costa Sena, Grupo Pedro Pereira, Complexo Gouveia e o Grupo Bambuí.

4.3.1) Grupo Macaúbas

Corresponde aos metassedimentos formados em período posterior a formação do conjunto litológico do Espinhaço, ocorrentes no Vale do Rio Jequitinhonha, especificamente na porção NE da área em estudo. Nessa região, foram observadas as rochas pertencentes à Formação Duas Barras, do Proterozóico Superior, formadoras da porção basal do Grupo Macaúbas, representadas pelos: quartzitos e metarenitos, puros ou impuros, com intercalações menores de microconglomerados polimíticos, (Companhia Mineradora de Minas Gerais – COMIG, Op.cit. p.1600).

As rochas pertencentes ao Grupo Macaúbas possuem baixo grau de metamorfismo, exibindo direções estruturais de NW-SE, em “contraste com as direções N-S do Supergrupo Espinhaço, evidenciando assim, contatos discordantes angulares” (COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS – COMIG, 1997. p. 1600). A discordância angular e erosiva envolve as unidades quartzíticas da Formação Duas Barras e das formações Sopa-Brumadinho ou Galho do Miguel.

4.3.2) Supergrupo Espinhaço

As rochas do Supergrupo Espinhaço pertencente ao Proterozóico Médio, possuem grande expressividade na área, abrangendo grande parte do setor meridional. Na região, esse Supergrupo é formado por um conjunto de rochas metassedimentares como: Formação Rio Pardo Grande, Formação Córrego Pereira, Formação Córrego Bandeira, Formação Córrego dos Borges, Formação Santa Rita e o Grupo Guinda que engloba as formações Galho do Miguel, Sopa Brumadinho e São João da Chapada.

Formação Rio Pardo Grande

Essa unidade ocupa a porção ocidental da área, sob a forma de um extenso sinclinal de grande envergadura, onde foram formados os vales Rio Pardo Grande e de seus afluentes Ribeirões Batatal e das Varas, nas proximidades da localidade de Conselheiro Mata. As camadas delgadas dessa formação, constituídas de filitos, metassiltitos e metargilitos assentam-se, de forma concordante, sobre os quartzitos da Formação Córrego Pereira. Intercalados nos níveis superiores, encontram-se as camadas de quartzitos finos e lentes de calcário. Sobre essa formação encontram-se os depósitos de cobertura detrito-lateríticas do terciário/quadernário.

Formação Córrego Pereira

Sotoposta a Formação Rio Pardo Grande encontra-se o pacote metassedimentar da Formação Córrego Pereira, ocorrendo em largas faixas na porção ocidental, que circunscrevem a Formação Rio Pardo Grande e em meio à Formação Córrego da Bandeira, como formações residuais. A Formação Córrego Pereira é composta exclusivamente por quartzitos puros na porção mediana do pacote e por quartzitos micáceos na base e no topo.

Formação Córrego da Bandeira

As litologias que constituem essa unidade encontram-se na porção ocidental da área, configurando-se em uma faixa estreita e contínua que circunda a Formação Córrego Pereira, no sentido N-S, alargando-se na porção SW. Apresentam-se composta por uma alternância disforme de camadas de filitos, metassiltitos e quartzitos finos, em pacotes métricos.

Formação Córrego dos Borges

A Formação Córrego dos Borges ocorre ao longo da Formação Córrego da Bandeira, constituindo-se em um alinhamento de *hog-backs* disposto, de forma descontínua na paisagem. Esses *hog-backs* alinham-se no sentido geral N-S, recebendo denominações locais como serras do Fundão, Campo da Ema, das Agulhas, Ouro Fino e do Telesforo. A Formação Córrego dos Borges apresenta-se constituída, predominantemente “por um pacote de quartzitos finamente laminados, micáceos, branco-acinzentados” (COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS – COMIG, 1997. p. 1623).

Formação Santa Rita

Essa unidade se estende como uma faixa estreita e sinuosa em sentido N-S na porção ocidental da área estudada. A Formação Santa Rita encontra-se sob coberturas superficiais detrítico-laterítica, sobre a forma de relictos de um processo de aplanamento que incidiu sobre o pacote metassedimentar. A Formação Santa Rita é composta por camadas delgadas de filitos, metassiltitos e quartzitos finos, sericíficos.

Grupo Guinda

O Grupo Guinda, constituído pelas formações Galho do Miguel, Sopa-Brumadinho e São João da Chapada, possui grande expressividade espacial na área em estudo.

Formação Galho do Miguel

A Formação Galho do Miguel, representando a formação de topo do Grupo Guinda, abrange parte da porção central e é essencialmente constituída de quartzitos puros, finos e raramente micáceos e com abundantes estratificações cruzadas de grande porte. Nessa formação são comuns os encaves de rochas metabásicas, disposta na paisagem em faixas estreitas e descontínuas. Os afloramentos quartzíticos sobressaem na paisagem como serras, alinhadas no sentido N-S, correspondendo aos níveis altimétricos mais elevados da região, atingindo cerca de 1550 metros. Os afloramentos quartzíticos são comumente encontrados na superfície, apresentando características topográficas mais reduzidas e denotando feições diferenciadas, comumente observadas, em relação à sua estrutura, mantendo-se preservada ou ruíniforme significando, respectivamente, maior ou menor resistência ao intemperismo.

Formação Sopa-Brumadinho

As rochas da Formação Sopa-Brumadinho ocupam espaços representativos na porção oriental da área e uma pequena parcela na porção N, especificamente nas proximidades da localidade de São João da Chapada.

Segundo informações do Projeto Espinhaço (COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS – COMIG, 1997. p. 1612), a Formação Sopa-Brumadinho constitui a unidade “mais importante do Supergrupo

Espinhaço por permitir correlações estratigráficas em nível regional e deter um potencial econômico reconhecidamente importante para toda a cordilheira”. A Formação Sopa-Brumadinho constitui-se, em sua porção superior, por filitos e quartzitos micáceos finos.

Formação São João da Chapada

As rochas dessa unidade afloram na região em setores descontínuos desde Gouveia até São João da Chapada. Apresenta-se constituída, na parte basal, por quartzitos micáceos, geralmente grosseiros, onde são comuns lentes de metabrechas e metaconglomerados e na parte superior por filitos hematíticos, (Ibidem. p. 1609).

Complexo de Gouveia

O conjunto de rochas do Complexo de Gouveia localiza-se na porção centro sul da área estudada. O termo “Complexo de Gouveia” deve-se a presença de um conjunto heterogêneo de rochas, formado por granitos e migmatitos, aflorante nas proximidades de Gouveia (COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS – COMIG, 1997. p. 1609).

As rochas do Complexo Gouveia são intensamente falhadas apresentando um sistema de falhas de empurrão de grandes dimensões, podendo atingir 200 m de largura, sendo comuns ao longo dos contatos com os xistos sobrejacentes.

As rochas do Complexo de Gouveia, também conhecido como "Anticlinório de Gouveia" (PFLUG, 1965 citado pela COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS – COMIG, 1997) formam um grande braquianticlinório no centro da Serra do Espinhaço (COMPANHIA

MINERADORA DE MINAS GERAIS – COMIG, 1997. p.1597) rebaixado pelos processos desnudacionais.

O anticlinório de Gouveia é formado pelo complexo cristalino, recoberto pelas coberturas supracrustais, representadas pelos xistos do Supergrupo Rio Paraúna e pelas unidades basais do Supergrupo Espinhaço, incluindo a Formação Galho do Miguel (ALMEIDA et al. 1992, FOGAÇA et al. 1984, DUSSIN, 1994, UHLIN et al. 1986, UHLEIN, 1991, citados por ALKMIM, 1995. p. 1).

Na Depressão de Gouveia são observados alguns topos residuais com presença de rochas metassedimentares da Formação Galho do Miguel como na Serra do Engenho, a leste da cidade de Gouveia.

4.3.3) Supergrupo Rio Paraúna

O Supergrupo Rio Paraúna está localmente representado pelo Grupo Costa Sena, composto por rochas arqueanas vulcano-sedimentares que afloram nos flancos do Anticlinório de Gouveia formando as serras do Fundão, da Mata Virgem, da Boa Vista e do Engenho, e nas “faixas tectonicamente encaixadas no Complexo de Gouveia”, conforme descreve a COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS – COMIG (1997. p.1602).

4.3.4) Metamagmáticas Básicas

Os corpos intrusivos, de natureza básica, pertencentes à seqüência arqueana e mesoproterozóica possuem ampla distribuição na região, ocorrendo como encraves nos metassedimentos do Grupo Espinhaço e na Depressão de Gouveia.

Os afloramentos de metavulcânicas ultramáficas pertencem ao Grupo Pedro Pereira e à Suíte Metabásica Pedro Lessa. Os afloramentos de rochas metavulcânicas do Grupo Pedro Pereiras localizam-se, de forma segmentada, nas zonas de falhas de empurrão, direcionada no sentido geral N-

S à NE da localidade de Pedro Pereira. Os afloramentos da Suíte Metabásica Pedro Lessa, constituídos por metadiabásios e metagabros e os diques e soleiras de metabásicas são predominantes na região de Gouveia, onde se encaixam as drenagens do Córrego Gameleira e Ribeirão do Chiqueiro.

Esses afloramentos ocorrem de forma descontínua ao longo das falhas. Os afloramentos de maiores proporções espaciais ocorrem sobre a Formação Sopa-Brumadinho, especificamente nos setores centro e sudeste da região.

4.3.5) Coberturas Superficiais

As coberturas superficiais identificadas na região são formadas por dois tipos de depósitos: detríticos-lateríticos e aluviais recentes.

Os depósitos detrítico-lateríticos do Terciário/Quaternário são comumente encontrados na porção ocidental da área, sendo considerados como testemunhos de antigas superfícies de aplanamento, elaborada no nível altimétrico de 1300 metros. Esses depósitos são constituídos por sedimentos arenosos inconsolidados, com profundidade variável em torno de 10 a 20 metros, onde se formou o latossolo vermelho-amarelo. Nas camadas superficiais, podem ser encontradas crostas pisolíticas com cimento de material ferruginoso e nas camadas inferiores, alguns seixos pouco rolados de quartzo e quartzito, formando “stone lines”.

Os depósitos aluviais recentes englobam os terraços e as planícies aluviais, constituindo-se feições lineares ao longo dos principais cursos d’água. Esses depósitos, de origem fluvio continental, são geralmente inconsolidados, predominantemente arenosos e com contribuição menores de silte e argila. Possuem importância econômica regional devido à presença de diamante e ouro. Na região possuem distribuição restrita às planícies e terraços fluviais do Ribeirão Chiqueiro e dos rios Paraúna e Pardo Pequeno.

Alguns depósitos mais antigos do que os depósitos aluviais recentes foram identificados nas superfícies mais elevadas, constituindo antigas acumulações aluviais economicamente utilizadas como frentes garimpeiras de ouro e diamante.

4.3.6) Grupo Bambuí

O Grupo Bambuí está representado, na área em estudo pelas Formações Serra de Santa Helena e Sete Lagoas compostas, respectivamente por filitos e metassiltitos e mármores calcíticos. Esse grupo litológico, intercepta o escarpamento formado por falha de empurrão do setor oeste, constituindo-se em um compartimento depressivo. O processo de dissecação promovido pelos afluentes do Ribeirão das Varas e do Rio Pardo Pequeno promoveu a retirada das camadas superficiais e o aparecimento das rochas do Grupo Bambuí, no setor oeste da área em estudo.

4.4) Compartimentação Morfoestrutural

As evidentes relações do relevo com a estrutura tectônica e litológica do Planalto do Espinhaço são demonstradas pela paisagem local por meio de seus aspectos diferenciados. As feições mais proeminentes na paisagem estão representadas pelos grandes alinhamentos estruturais formadores das unidades serranas incidindo sobre uma superfície, ligeiramente ondulada, entremeada de afloramentos rochosos. O prolongamento dessa superfície cimeira é interrompido por uma morfologia de dissecação mais acentuada e pelo escarpamento adaptado à falha de empurrão.

O relevo de todo o prolongamento do Planalto do Espinhaço integra a Unidade Geomorfológica Serra do Espinhaço (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 1983), caracterizada por formas de dissecação elaboradas sobre rochas do Supergrupo Espinhaço e por formas aplanadas que se alternam em picos e cristas sobre quartzitos e grandes escarpamentos orientados por fraturas.

O modelado apresentado pela região em estudo apresenta características similares de todo o Planalto do Espinhaço, permitindo identificar feições distintas agrupadas em conjuntos de formas de relevo, mantendo relações intrínsecas com a litologia e estrutura. Com base nessas características, procedeu-se a compartimentação geomorfológica da área, resultando em quatro grandes domínios morfoestruturais, conforme demonstrado no Mapa das Unidades Morfoestruturais e na FIGURA 13.

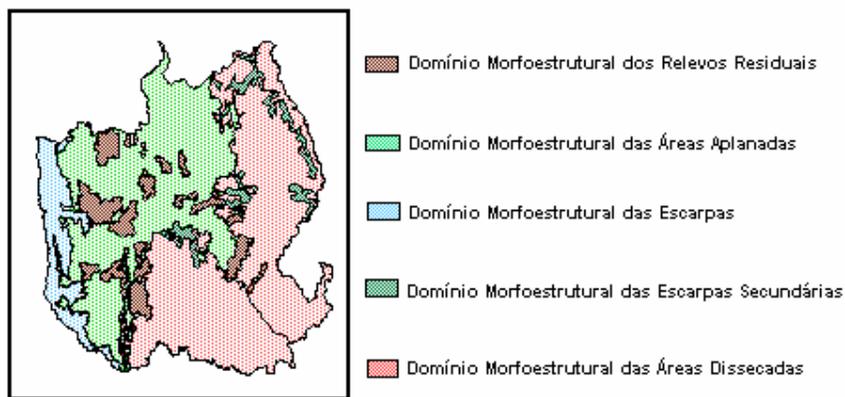


FIGURA 13 – Domínios morfoestruturais

4.4.1) Domínio dos Relevos Residuais



O Domínio dos Relevos Residuais, totalizando 262,6 Km², engloba o conjunto de serras e inselbergs resultante da exumação de estruturas e dobras das rochas quartzíticas, com vergência para W, das formações Córrego dos Borges e Galho do Miguel, do Supergrupo Espinhaço. Correspondem às elevações topográficas residuais em níveis altimétricos acima da Superfície Sul-Americana, segundo VALADÃO (1998), conforme pode ser observado na FIGURA 14.

Essas feições aguçadas, ressaltadas pelo intenso trabalho da drenagem local, constituem relevos residuais marcados por topos concordantes no nível altimétrico aproximado de 1450 metros.



FIGURA 14 – Relevo residual

Observa-se, em primeiro plano a superfície de aplanamento e ao fundo a Serra do Pasmarr.



FIGURA 15 – Serra dos cristais

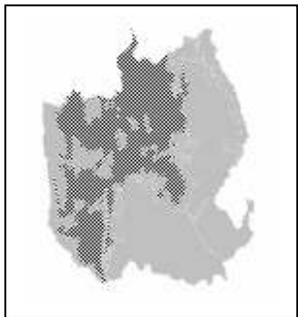
Visão Geral da Serra dos Cristais nas proximidades de Diamantina

Trata-se de um domínio morfoestrutural ressaltado na paisagem (FIG.15) mantenedora de importantes ecossistemas rupestres, em perfeito estado de equilíbrio. A sua representatividade extrapola os limites do contexto ecológico, retratando o elo e entre a atualidade e o passado cultural, expresso pelos registros pré-históricos gravados nas paredes rochosas, simbolizando os costumes, a caça e a estratégia de vigilância. Normalmente as pinturas rupestres são encontradas nas paredes das cavidades naturais, cujo local permite uma visão geral da paisagem, em um ângulo de 180°, (FIG.16).



FIGURA 16 – Pintura rupestre

4.4.2) Domínio das Áreas Aplanadas



O Domínio das áreas aplanadas representa o domínio morfoestrutural de maior expressão espacial, abrangendo 1.199 Km².

Esse domínio apresenta-se constituído por remanescentes de uma extensa superfície de aplanamento denominada, por KING (1956), como Superfície Sul-Americana. Sua origem relaciona-se à ação da erosão subaérea que truncou indiferentemente as litologias das formações Sopa-Brumadinho, São João da Chapada e Galho do Miguel, elaborando um vasto pediplano no nível altimétrico de 1000 a 1300 metros, posteriormente esculpado pela incisão vertical dos cursos d'água locais.

A elaboração da Superfície Sul-Americana iniciou-se no Mesozóico, a partir da ruptura das placas sul-americana e africana, estendendo-se até o início do Terciário (VALADÃO, 1998). Segundo o autor, essa superfície foi posteriormente remodelada, reduzida e rebaixada e suas formações superficiais foram, ao mesmo tempo, submetidas aos processos pedogenéticos originando solos profundos, evoluídos com formação de encrostamentos lateríticos, além da presença de formações superficiais recentes.

Em função das diferentes intensidades de atuação dos processos de denudação sobre a Superfície Sul-Americana, podem ser identificados dois compartimentos altimétricos.

O primeiro compartimento corresponde ao nível altimétrico mais alto, com cotas entre 1150 a 1300 metros. Esse compartimento foi identificado por VALADÃO (1998) e AUGUSTIN (1995. p.3) como remanescentes da Superfície Sul-Americana.



FIGURA 17 – Superfície sul-americana



FIGURA 18 – Aplanamento da superfície sul-americana na região em estudo

Esse compartimento encontra-se fracamente dissecado pelas drenagens locais, com entalhes variando em torno de 150 metros, propiciando à superfície certa estabilidade em relação aos processos desnudacionais. Os declives variam entre 0° a 10° , sendo que as declividades mais baixas, inferiores a 3° , são encontradas nas áreas aplanadas, embutidas entre os afloramentos rochosos.

Segundo AUGUSTIN (1995. p. 3), a relativa estabilidade mantida pela superfície de aplanamento, em relação aos processos de dissecação fluvial, deve-se à presença do sistema de juntas e fraturas nas rochas do Supergrupo Espinhaço, promovendo maior infiltração e retardando o processo de incisão vertical do escoamento fluvial.

No interior desse compartimento, constantemente afloram residuais quartzíticos das formações Galho do Miguel e Sopa-Brumadinho, influenciando na homogeneidade das formas ligeiramente onduladas do modelado. Esses afloramentos possuem níveis diferenciados de conservação, sendo que alguns apresentam estruturas parcialmente conservadas e outras estruturas alteradas do tipo ruiformes (FIGs. 20 e 21). Nos interstícios das rochas quartzíticas ocorrem os campos rupestres, devido à formação de fina camada de solo (FIG.19).



FIGURA 19 – Afloramento quartzítico.

Afloramento quartzítico da Formação Sopa Brumadinho na Bacia do Rio Jequitinhonha.



FIGURA 20 – Afloramento rochoso com estrutura ruiniforme



FIGURA 21 – Detalhe do afloramento rochoso com estrutura ruiniforme

Sobre a superfície de aplanamento desenvolveram-se solos profundos, bastante evoluídos constituindo os latossolos, classificados por VALADÃO (1998) como latossolos vermelho escuro e vermelho-amarelo. Sobre os latossolos ocorrem, em alguns trechos, restos de coberturas detríticas formadas por materiais de origem sedimentar e depositadas pelos processos comuns de aplanamento. Essas superficiais estão recobertas pela vegetação de campo limpo. Segundo VALADÃO (Op.cit), as coberturas arenosas ocorrem como horizonte superficial residual de recobrimento, dando um aspecto homogêneo ao aplanamento.

O segundo compartimento caracteriza-se por um nível mais rebaixado de superfície de aplanamento, apresentando níveis altimétricos variando entre 1000 a 1150 metros. Esse setor mais rebaixado pertence ao mesmo ciclo erosivo da Superfície Sul Americana, porém submetido, com maior frequência e intensidade, aos processos de incisões verticais realizados pela drenagem. Nesse compartimento o aprofundamento do talvegue varia em torno de 200 metros, com declives mais acentuados, acima de 20°, chegando a 45° nos vales do Rio Pardo Pequeno, Ribeirão das Varas e do Córrego Areia.

Esse compartimento de relevo associa-se às superfícies rebaixadas de VALADÃO (1998), referindo-se aos processos de esculturação fluvial realizado sobre os aplanamentos que mantêm preservados os “fragmentos reliquias da superfície original junto aos interflúvios”. Conforme o autor, o processo de encaixamento da drenagem é suave, resultando em um reduzido desnivelamento topográfico entre topo e talvegue. Os processos químicos e mecânicos de desnudação da superfície são intensos atuando, respectivamente nos alteritos, provocando seu intenso esvaziamento geoquímico e nas proximidades dos canais fluviais.

AUGUSTIN (1995. p.3), identificou, ao norte de Cuiabá, os fragmentos reliquias da superfície de aplanamento, denominada Superfície Chapadinha, elaborada sobre rochas das Formações São João da Chapada e Galho do Miguel.

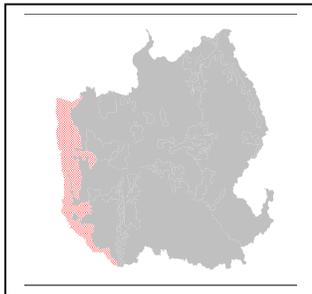
VALADÃO (Op. cit) identificou, na Depressão de Gouveia, remanescentes de superfície equivalentes ao segundo nível de dissecação denominada Superfície de Aplanamento I, embutidos no primeiro nível. Sobre esses remanescentes encontram-se “depósitos neoceno-zóicos cronocorrelatos à Superfície Sul Americana”.

O arranjo geral da drenagem que entrecorta a paisagem demonstra um padrão dendrítico, excetuando-se os trechos de padrão retangular, devido às influências estruturais constituídas pelas falhas e fraturas, conforme se verificam nos córregos da Picada e da Serrinha, afluentes do Rio Pardo Pequeno.

Acompanhando as linhas dos talvegues dos diferentes compartimentos da superfície de aplanamento, independentemente de seu nível de dissecação, encontram-se as matas ciliares que, apesar de ocorrerem segmentadas, quebram a monotonia da paisagem campestre associadas às coberturas detríticas.

Comumente, os talvegues se desenvolvem sobre as intrusões dos corpos básicos constantemente aflorando na Superfície Sul-Americana.

4.4.3) Domínio das Escarpas



O Domínio das Escarpas se constitui no domínio morfoestrutural de feições mais marcantes na paisagem, englobando a escarpa localizada na borda oeste da área em estudo, totalizando um domínio de 304,0 Km².

O escarpamento apresenta direção preferencial N-S, com desnivelamento topográfico da ordem de 700 metros, constituindo-se em uma feição morfotectônica típica de front de cavalgamento que sobrepôs, de E para W, as seqüências do Supergrupo Espinhaço sobre as seqüências dos Grupos Macaúbas e Bambuí, OLIVEIRA e ALKIMIM (1994) citado por SAADI (1995).

A continuidade do escarpamento é interrompida pelo recuo da encosta promovido pelo trabalho de desnudação do Rio Pardo Pequeno e de seus afluentes, sobre rochas de menor resistência litológica pertencentes à

Formação Sete Lagoas do Grupo Bambuí (FIG.22). Nesse trecho, as formas de relevo são colinosas, contrastando com a verticalidade das escarpas contíguas.



FIGURA 22- Colinas da formação sete lagoas.

Relevo colinoso sobre rochas do Grupo Bambuí, na porção oeste da área em estudo.

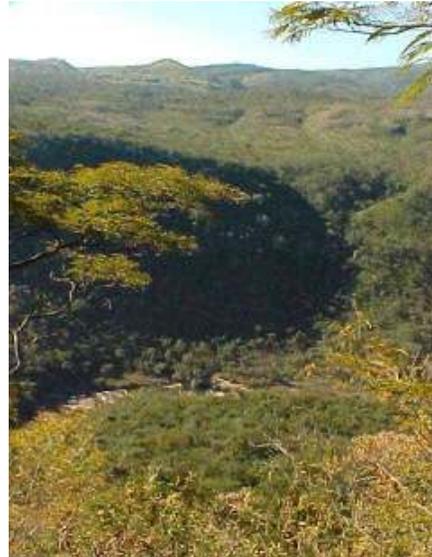


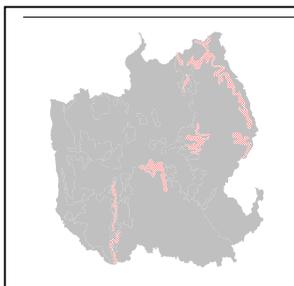
FIGURA 23 – Vale do ribeirão das varas

Visão geral do Vale do Ribeirão das Varas na porção oeste da área em estudo.

Outras feições dominantes ao longo do escarpamento são os vales profundos do Ribeirão das Varas e do Rio Pardo Pequeno (FIG.23), seccionando perpendicularmente a escarpa e promovendo a deposição de aluviões no sopé e a formação de pequenas planícies fluviais.

Ressalta-se na paisagem o paralelismo mantido entre a escarpa e o Córrego Limoeiro, perfazendo parte do limite oeste da região estudada.

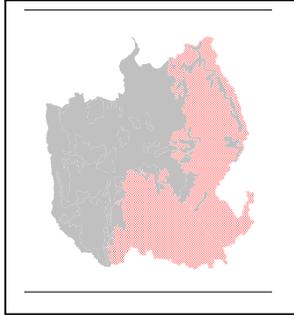
4.4.4) Domínio das Escarpas Secundárias



Esse domínio, abrangendo 153,4 Km², corresponde às escarpas formadas pelo contato entre as litologias do Supergrupo Espinhaço e do Complexo de Gouveia, e os falhamentos estruturais, de direção predominante N-S, da porção leste da área. Esses

falhamentos, presentes nos quartzitos da Formação Sopa Brumandinho, condicionam a evolução de encostas escarpadas entre patamares dissecados.

4.4.5) Domínio das Áreas Dissecadas



A denominação desse domínio deve-se à característica geomorfológica de predomínio da dinâmica fluvial erosiva, exercida pelos cursos d'água pertencentes as bacias dos Rios das Velhas e do Jequitinhonha, se constituindo no segundo domínio de maior expressão espacial na área, com aproximadamente 1.581 Km².

O Domínio das Áreas Dissecadas corresponde aos modelados influenciados pelos processos desnudacionais de natureza remontante, apresentando intensidades variadas, reguladas pelo nível de base regional dos rios das Velhas e Jequitinhonha, correspondendo às superfícies dissecadas de VALADÃO (1998). Esses processos constituem-se nos principais fatores responsáveis pela evolução da paisagem, predispondo, de forma lenta e gradativa a redução espacial do domínio das superfícies aplanadas.

Em todo domínio das áreas dissecadas, registram-se cotas altimétricas inferiores a 1150 metros, contrastando com domínio circundante das áreas aplanadas.

As áreas dissecadas distribuem-se na paisagem de forma contínua, compreendendo dois compartimentos dissecados, denominados:

- ❖ Vertentes dissecadas dos Ribeirões Chiqueiro e da Areia;
- ❖ Vertente do Rio Jequitinhonha.

Vertentes Dissecadas dos Ribeirões Chiqueiro e Areia

Corresponde ao setor dissecado e deprimido em níveis altimétrico em torno de 850 a 1000 metros, elaborado sobre rochas graníticas do Complexo de Gouveia. Caracteriza-se por uma configuração regular, marcada pela presença de feições desnudacionais e deposicionais, em decorrência de sua própria evolução geomorfológica, comandada pela variação do nível de base do Rio das Velhas.

Segundo AUGUSTIN (1995. p. 3) a evolução da “Depressão de Gouveia” demonstra nítida influência estrutural, onde a atuação da erosão diferencial promoveu a retirada das seqüências supracrustais dos Supergrupos Rio Paraúna e Espinhaço, expondo as rochas do embasamento cristalino. O processo de encaixamento de drenagem dos ribeirões Chiqueiro e Areia, tributários do Rio Paraúna promoveu o recuo das cabeceiras, e o recuo lateral das escarpas formadas pelos xistos do Supergrupo Rio Paraúna.

No domínio das áreas dissecadas são comuns os remanescentes originais dos aplanamentos, caracterizados como elevações residuais de pequenas extensões, recobertas por “perfis de alteração reliquias bastantes truncados, erodidos e retrabalhados” (VALADÃO, 1998).

Dentre as feições dissecadas pela drenagem do Ribeirão Chiqueiro encontra-se as formas convexas, correspondendo às elevações residuais no nível altimétrico de 1000 a 1150 metros, constituídas por xistos do Grupo Costa Sena. Essas elevações residuais correspondem a “Superfície Residual Antiga” de AUGUSTIN (1995. p.3), correlacionada ao ciclo Velhas de KING (1956). Nos interflúvios mais altos, localizados entre as sub-bacias dos ribeirões Chiqueiro e Palmital, com níveis altimétricos variando entre 1150 a 1300 metros, podem ser encontrados os remanescentes da Superfície Sul-Americana.



FIGURA 24 – Serra do Juá.

Ao fundo observa-se a Serra do Juá sobre filitos na Depressão de Gouveia.

Essas feições ocorrem na borda da Depressão de Gouveia (FIG.24), especificamente na região de contato entre as rochas graníticas do Complexo Gouveia e os quartzitos do Grupo Espinhaço. Apresentam vertentes com incisões de drenagem da ordem de 200 metros e declives variando de 10° a 20°.

As feições mais suavizadas de dissecação fluvial ocorrem no interior da depressão e são representadas por formas de relevo colinosas com topos planos e vertentes alongadas, e declives variando de 0 a 5°, elaboradas sobre rochas graníticas do Complexo Gouveia. Os topos planos encontram-se nivelados entre 1000 e 1150 metros de altitude e os vales na classe de 850 a 1000 metros. O desnivelamento topográfico, entre topo e talvegue, varia em torno de 50 metros.

Sobre essas feições resultantes da dissecação fluvial, encontra-se a “Superfície mais recente de Retrabalhamento” de AUGUSTIN (1995. p. 3), associada ao Plioceno/Holoceno e ao ciclo Paraguaçu de King (1956), correspondendo às áreas de ocorrência dos anfiteatros e alvéolos, altamente susceptíveis aos processos erosivos.

Segundo AUGUSTIN (1995 p. 3), as feições de dissecação da Depressão de Gouveia estão associadas às várias fases sucessivas de dissecação fluvial, sendo mais recentes as fases associadas ao início do

Holoceno, responsáveis pelos processos de colmatação dos vales e de dissecação fluvial realizados pelos canais de drenagem de primeira ordem. Segue-se a fase de entalhe de ravinas profundas e de deposição de cascalheiras, soterradas por colúvio, durante o Pleistoceno Superior e Holoceno. Essas feições deposicionais, ainda pouco expressivas nesse domínio, podem ser observadas nos vales abertos e colmatados, cortados pela drenagem do Ribeirão do Chiqueiro e nas planícies do Rio Paraúna.

A fase atual é caracterizada pela retomada erosiva promovida pela pressão antrópica (AUGUSTIN, Loc. Cit.). Essa fase encontra-se retratada na paisagem, marcada pela presença dominante das formas de erosão aceleradas, resultantes das práticas agropastoris sobre terrenos com alta susceptibilidade erosiva. São encontradas diversas formas de erosão, tanto as originadas dos processos de erosão areolar, responsáveis pela retirada das camadas superficiais do solo, quanto às originadas dos processos de escoamento superficial concentrado, formando sulcos na superfície.

De uma maneira geral o arranjo espacial dos cursos d'água responsáveis pela dissecação da Depressão de Gouveia apresenta padrão dentrítico, demonstrando a uniformidade de resistência das rochas graníticas do Complexo Gouveia.

As formações superficiais estão associadas, principalmente, aos latossolos e cambissolos, constituídas por profundo material de alteração e por colúvio. Conforme AUGUSTIN (Op. cit), o processo pedogenético atuante no pacote coluvial teve início no Holoceno, em condições de maior estabilidade, favorecendo o desenvolvimento dos latossolos.

As coberturas vegetais naturais, formadas pelas tipologias de campo cerrado e de cerrado (*sensu stricto*), foram transformadas, em grande parte, em pastagens, dando suporte às atividades pecuárias de caráter extensivo.

Vertentes do Rio Jequitinhonha

O Domínio das Áreas Dissecadas relaciona-se ao compartimento de relevo fortemente dissecado, em níveis altimétricos entre 700 e 1000 metros, correspondente à vertente do Rio Jequitinhonha na porção leste da área estudada. Caracteriza-se por feições aguçadas, sob a forma de cristas moldadas nas litologias da Formação Sopa-Brumadinho.

O alto poder erosivo dos cursos d'água confere à essa região vales profundos expressando o forte condicionamento estrutural. O desnivelamento topográfico apresentado pela vertente varia de 350 a 450 metros. Os declives são acentuados, em torno de 20° a 45° chegando, em alguns trechos, a 45° de inclinação.

O intenso processo de dissecação fluvial conduz a constante remobilização do material de alteração, possibilitando o surgimento de solos rasos e ressaltando, por vezes, a rocha aflorante.

A cobertura vegetal primitiva constituída pela floresta estacional semidecidual, encontra-se, parcialmente preservada, devido à dificuldade de acesso imposta pela topografia acentuada, para implantação de atividades antropogênicas. Sua ocorrência, em muitos casos, está associada à presença de grandes massas intrusivas, em forma de diques e soleiras de rochas metabásicas, comuns em todo domínio, principalmente no setor sul.

Entremeados às feições aguçadas ocorrem os topos residuais planos, posicionados no nível altimétrico de 1240 metros, referentes aos remanescentes de superfície de aplanamento do Domínio das Áreas Aplanadas. Esses topos residuais apresentam-se recobertos por uma espessa camada detrítica.

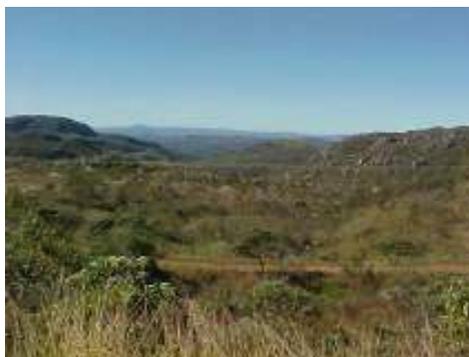


FIGURA 25 – Vale do jequitinhonha.

Remanescentes da superfície de aplanamento no Vale do Rio Jequitinhonha.

4.5) Domínios Pedológicos

De acordo com o método aplicado para definição dos domínios pedológicos, determinados a partir dos tipos de solos predominantes nas unidades morfoestruturais, foi possível identificar dez tipos de solos abaixo relacionados, agrupados em nove domínios pedológicos, representados no Mapa dos Domínios Pedológicos.

- ❖ Afloramento Rochoso, Neossolo Litólico;
- ❖ Afloramento Rochoso e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico;
- ❖ Neossolo Quartzarênico Indiscriminado e Cambissolo Álico;
- ❖ Cambissolo, Neossolo Litólico e Afloramento Rochoso;
- ❖ Neossolos Regolítico e Cambissolo;
- ❖ Latossolo Vermelho Amarelo;
- ❖ Neossolos Regolítico, Latossolo Vermelho Amarelo e Cambissolo;
- ❖ Latossolo Vermelho;
- ❖ Neossolo Flúvico e Gleissolos.

Os domínios pedológicos abrangem espaços significativos, demonstrando uma nítida correlação com os demais componentes da

paisagem como: formas de relevo, litologia, declividade e cobertura vegetal natural, evidenciadas no QUADRO 15.

QUADRO 15
Unidades pedológicas e suas correlações com os demais componentes bióticos e abióticos

DOMÍNIOS PEDOLÓGICOS	LITOLOGIA	RELEVO	DECLIVE	VEGETAÇÃO	DOMÍNIOS MORFOESTRUTURAIS
Afloramento Rochoso e Neossolos Litólicos	Quartzitos	Serras	> 30°	Campo rupestre Cerradão Cerradão	Domínio dos Relevos Residuais Domínio dos Escarpamentos
Afloramento Rochoso e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico.	Quartzitos	Superfície de Aplanamento e Afloramento Rochoso	0° a 30°	Campo Limpo Campo Cerrado Campo Rupestre	Domínio das Área Aplanadas
Neossolo Quartzarênico Indiscriminado e Cambissolo Álico.	Depósitos Terciário/ Quaternário	Superfícies planas e onduladas	0° a 10°	Campo Limpo	Domínio das Área Aplanadas
Cambissolo, Neossolo Litólico e Afloramento Rochoso	Filitos	Colinas e Cristas	20° a 110°	Mata	Domínio das Áreas Dissecadas
Neossolo Regolítico e Cambissolo	Metassiltito e Metargilitos	Vertentes Íngremes	30° a 100°	Campo Limpo Campo Cerrado	Domínio das Áreas Aplanadas Domínio das Áreas Dissecadas
Latossolo Vermelho Amarelo	Granito Marmores Filitos	Topo Residuais Convexos Colinas	0° a 20°	Campo Cerrado Cerrado	Domínio das Áreas Dissecadas Domínio das Escarpas
Neossolo Regolítico, Latossolo Vermelho Amarelo e Cambissolo	Granito	Colinas com vertentes alongadas	0° a 20°	Campo Cerrado	Domínio das Área Dissecadas
Latossolo Vermelho	Metabasito	Colinas e vales fluviais	20° a 100°	Mata	Domínio das Áreas Aplanadas Domínio das Áreas Dissecadas
Neossolo Flúvico e Gleissolos	Depósitos Quaternários	Planície e terraços fluviais	0° a 5°	Mata Cliar e Galeria	Domínio das Áreas Dissecadas Domínio das Escarpas

4.5.1) Domínio dos Afloramentos Rochosos, Neossolos Litólicos

Os afloramentos rochosos correspondem aos afloramentos de rochas quartzíticas do Supergrupo Espinhaço, cuja superfície apresenta-se descoberta ou coberta por reduzidas frações de material detrítico grosseiro, de caráter heterogêneo.

Os afloramentos rochosos distribuem-se com grande expressividade no interior da área em estudo, configurando-se como serras e inselbergs na Unidade Morfoestrutural do Domínio dos Relevos Residuais.

Sobre os terrenos mais íngremes dessa unidade, ocorrem os neossolos litólicos, compreendendo solos minerais, não hidromórficos, pouco

desenvolvidos, apresentando seqüência de horizonte A,C e R ou A, R. Apresentam normalmente rochosidade, pedregosidade, cascalhos e concreções, relacionados com a natureza do material de origem, condicionando uma baixa fertilidade natural, (EMBRAPA, 1999).

4.5.2) Domínio dos Afloramentos Rochosos e Latossolos Vermelho Amarelos Distróficos.

Esse domínio engloba os tipos de solos existentes na superfície aplanada, intercalada por afloramentos rochosos, pertencente ao Domínio Morfoestrutural das Áreas Aplanadas. Os afloramentos de rochas quartzíticas constituem-se em afloramentos altimetricamente inferiores às serras e inselbergs, porém em níveis altimétricos mais elevados que a superfície de aplanamento circundante.

Nos trechos mais preservados, referentes aos remanescentes da superfície de aplanamento, ocorrem latossolos vermelho amarelo distróficos (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS, 1989), correspondendo aos paleossolos, de textura argilosa, recobertos por camadas, não muito espessa, de sedimentos arenosos.

4.5.3) Domínio dos Neossolos Quartzarênicos Indiscriminados e Cambissolos Álicos

Os neossolos quartzarênicos indiscriminados e cambissolos álicos (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS, 1989) foram originados do processo pedogenético sobre as profundas coberturas detríticas terciárias, recobrando os paleossolos dos fragmentos remanescentes da superfície de aplanamento (FIG. 26).



FIGURA 26 – Perfil de neossolo quartzarênico

Perfil de neossolo quartzarênico sobre cambissolos, nas proximidades do Córrego da Fazenda na porção oeste da área.

Segundo EMBRAPA (1999), os neossolos quartzarênicos apresentam textura predominantemente arenosa e profundidade de 150 cm contada da superfície até o contato lítico. Apresenta-se constituída por frações de areia grossa e fina e com 95% ou mais de quartzo e praticamente ausência de minerais primários alteráveis.

Na superfície de ocorrência dos neossolos quartzarênicos, podem ocorrer os neossolos quartzarênicos hidromórficos associado à incidência da rede de drenagem com vales pouco profundos e com presença das matas galerias. São solos hidromórficos de textura arenosa, essencialmente quartzosa, se constituindo em solo pobre e ácido, apresentando deficiências de macro e micro nutrientes (EMBRAPA, 1999). Devido à pequena expressão espacial, os neossolos quartzarênicos hidromórficos não foram identificados no Mapa das Unidades Pedológicas.

Os cambissolos álicos desse domínio são pedregoso, apresentando horizontes A moderado e B incipiente, sobre substrato quartzítico (EMBRAPA, 1999).

4.5.4) Domínio dos Neossolos Regolíticos, Cambissolos e Afloramentos Rochosos.

Esse domínio encontra-se na porção oriental da área em estudo sobre vertentes íngremes e vales encaixados, elaborados sobre filitos e quartzitos finos da Formação Sopa-Brumadinho.

Os Neossolos Regolíticos são solos pouco evoluídos, sem a presença do horizonte B diagnóstico. Compreendem solos constituídos por material orgânico e mineral e com pouca expressão dos processos pedogenéticos, em consequência da baixa intensidade de atuação desses processos sobre o material de origem (EMBRAPA, 1999).

Nesse domínio, em função da presença de rochas mais argilosas, ocorrem os cambissolos. Segundo EMBRAPA (Op. cit.), os cambissolos possuem horizonte B formado por material alterado, com desenvolvimento de cor e estrutura e ausência de estrutura da rocha de origem, em mais da metade do volume do horizonte. Caracterizam-se por apresentar seqüência de horizonte pouca diferenciada, com baixo gradiente textural entre os horizontes. Os cambissolos possuem baixa capacidade de troca catiônica. São solos incipientes, tendo a relação entre silte e argila maior que 0,7 e a presença de muitos minerais primários. Os cambissolos podem ser álicos e distróficos, tendo como fatores que limitam sua utilização a baixa fertilidade natural, a deficiência hídrica e a susceptibilidade à erosão.

4.5.5) Domínio dos Neossolos Regolíticos e dos Cambissolos

São solos desenvolvidos sobre metassiltitos e metargilitos da Formação Santa Rita e sobre quartzos e xistos do Grupo Costas Sena.

Esse domínio se distribui na porção oeste da área estudada, ocorrendo em faixas transversais, de orientação N-S, bem como na região

periférica da Depressão de Gouveia, circunscrevendo o contato dessa unidade com as litologias quartzosas do Grupo Espinhaço. BARBOSA (2004), em seus levantamentos pedológicos realizados em escala de detalhe registrou, na Depressão de Gouveia, a ocorrência dos neossolos regolífticos associada aos cambissolos.

4.5.6) Domínio dos Latossolos Vermelho-Amarelos.

A presença individualizada dos latossolos vermelho-amarelo ocorre em duas áreas significativas da região. A primeira encontra-se na porção oeste, onde incidem sobre rochas carbonáticas da Formação Sete Lagoas do Grupo Bambuí, sob cobertura vegetal de cerrado. A segunda área localiza-se na Depressão de Gouveia, onde os latossolos vermelhos amarelos recobrem os topos residuais das feições convexas, elaboradas sobre os xistos do Supergrupo Rio Paraúna.

Segundo EMBRAPA (1999) são solos minerais, em estágio avançado de intemperismo e de lixiviação, apresentando um horizonte B latossólico com profundidade superior a 50 cm. São solos bem drenados, profundos e apresentam intenso processo de evolução, demonstrado pela perda e transformação físico-química dos constituintes minerais, por meio da concentração relativa de argilomineria resistentes e/ou óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio e da inexpressiva mobilização ou migração de argila, ferro, gleização ou plintização.

Os Latossolos Vermelhos-Amarelos possuem saturação de bases baixas e teores elevados de Fe_2O_3 , não apresentando características de baixa fertilidade natural, EMBRAPA (1999).

4.5.7) Domínio dos Neossolos Regolíticos, Latossolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos

Os neossolos regolíticos e os solos câmbicos ocorrem na região de Gouveia de forma associada aos latossolos vermelho-amarelos, recobrando as vertentes alongadas da Depressão de Gouveia.

De acordo com levantamentos detalhados sobre os solos da região de Gouveia, realizados por OLIVEIRA et al. (2003) os cambissolos da região, apresentam características como: “maior proporção de silte e areia fina, estrutura maciça e em blocos, com grau de desenvolvimento fraco a moderado, pequena espessura do solum e elevada profundidade do horizonte C”. Acrescenta-se à essas características a elevada concentração de areia fina no horizonte A, tanto nos cambissolos quanto nos latossolos vermelho-amarelo.

4.5.8) Domínio dos Latossolos Vermelhos

Os Latossolos Vermelhos compreendem solos originados de rochas metabásicas com grande distribuição na área em estudo (FIG 27). A cor vermelha escura reflete a presença de maior teor de óxido de Fe_2O_3 na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, inclusive BA, EMBRAPA (1999).



FIGURA 27 – Latossolo vermelho sobre metabasitos

4.5.9) Domínio dos Neossolos Flúvicos e Gleissolos

Esse domínio ocorre sobre os sedimentos aluviais argilo-arenosos do quaternário que formam as planícies fluviais dos rios da região. As planícies fluviais com maiores dimensões espaciais foram mapeadas, indicando a presença representativa dos solos incluídos nesse domínio.

Os Neossolos Flúvicos, segundo EMBRAPA (1999), compreendem solos minerais, pouco evoluídos, profundos com seqüência de horizonte A, C constituído de camadas estratificadas sem relação pedogenética. Possuem características variáveis, dependendo da natureza e da forma de distribuição dos sedimentos originários.

Os Gleissolos constituem solos minerais hidromórficos, mal a muito drenados, com horizonte glei imediatamente abaixo do horizonte A, ou de horizonte hístico com menos de 40 cm de espessura, EMBRAPA (Op. cit). Nas áreas rebaixadas, em função do maior hidromorfismos, os gleissolos podem possuir uma camada de solo orgânico sobre o horizonte glei. Nas áreas onde o hidromorfismos é menos acentuado, os gleissolos podem possuir um horizonte mineral, de cor escura, sobre o horizonte glei, (EMBRAPA, 1999).

4.6) Susceptibilidade Erosiva das Coberturas Superficiais

O termo susceptibilidade erosiva foi considerado como sendo o risco, relativamente permanente de ocorrerem erosões em determinadas áreas. O risco de erosão refere-se à possibilidade de ocorrência de erosão dos solos, determinada pela combinação de fatores climáticos, pedológicos, geomorfológicos e de vegetação e uso da terra (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICA DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 1989).

Em relação aos processos erosivos ocorrentes na região, destacam-se como característica de alta susceptibilidade à erosão as formações

superficiais sobre rochas pertencentes ao Complexo de Gouveia, conforme pode ser observado no Mapa da Susceptibilidade Erosiva das Formações Superficiais.

As áreas mais susceptíveis aos processos erosivos referem-se aos setores médios das encostas longas e suaves da Depressão de Gouveia e aos latossolos vermelhos, derivados dos afloramentos de rochas metabásicas. Nas unidades de relevo com feições mais suavizadas, os fatores forma da vertente, declividades médias e presença de solos câmbicos associados aos neossolos regolíticos, são consideradas determinantes no desencadeamento dos processos erosivos.

Além da presença dessas variáveis responsáveis pela susceptibilidade erosiva das formações superficiais, soma-se o fator litológico, conforme as pesquisas realizadas na região por ARANHA (2002). O referido autor identificou, de forma detalhada, todas as erosões existentes na sub-bacia do Ribeirão do Chiqueiro, correlacionando a configuração apresentada pelo foco erosivo com as variáveis geológicas e geomorfológicas que condicionaram o processo de evolução.

As investigações quanto aos fatores determinantes da ocorrência e evolução dos processos erosivos realizadas por ARANHA (2002.), demonstram a forte relação dos processos de erosão acelerada com as características do solo/saprólito e as direções das fraturas e falhamentos apresentados pelas rochas do Complexo Gouveia. Os resultados determinaram para as litologias quartzo, xistos e quartzos-micaxistos do Grupo Costa Sena, maior susceptibilidade erosiva. Segundo o autor, as rochas quartzíticas do Supergrupo Espinhaço, que bordejam a Depressão de Gouveia, bem como as rochas da Formação Sopa-Brumadinho e as rochas metabásicas da Suíte Pedro Lessa, apresentam pouca susceptibilidade à erosão.

Os resultados demonstrados no Mapa de Susceptibilidade Erosiva das Formações Superficiais, elaborado para essa pesquisa demonstraram a

alta susceptibilidade erosiva das rochas metabásicas com ocorrências associadas à presença de latossolos vermelhos. Os estudos sobre influência dos solos no desenvolvimento das erosões, realizados por OLIVEIRA et al (2003) na região de Gouveia, demonstram que os latossolos vermelhos da região são altamente propensos ao desenvolvimento de erosão em sulcos. O elevado grau de propensão desses solos ao desenvolvimento dos processos de erosão acelerada, deve-se à presença acentuada de óxido de ferro, propiciando a aglutinação de partículas de argila, formando vazios intraporos muito pequenos e o colapso das estruturas dos agregados, devido à pressão da água.

No que concerne ao uso do solo e práticas de manejo, os estudos desenvolvidos por MOREIRA (1992), indicam as variáveis: uso do solo e forma de vertente, como determinantes na ocorrência e evolução das voçorocas, sendo responsáveis, respectivamente por 73% e 90% no desenvolvimento do processo erosivo. No caso da área em questão, as atividades antrópicas manifestam-se de várias formas, produzindo efeitos diferenciados. Porém pode-se atribuir, de acordo com a análise da configuração da paisagem, que o principal fator de pressão antrópica, que acelera ou induz o início dos processos erosivos na região de Gouveia, é o pisoteio do gado gerado pelas atividades agropastoris exercidas de forma dominante no espaço.

4.7) Análise da Paisagem

De acordo o Sistema de Classificação da Vegetação Brasileira (VELOSO et al.,1991), a área em estudo encontra-se localizada em uma zona de contato entre dois biomas característico da Região Sudeste do Brasil: o Bioma do Cerrado, abrangendo o setor oeste, sobre litologias do Supergrupo Espinhaço e do Grupo Bambuí e o Bioma da Mata Atlântica, abrangendo o setor leste, correspondente à região do alto vale do Rio Jequitinhonha, sobre litologias do Supergrupo Espinhaço.

Trata-se de uma região de transição entre dois biomas, em que as formações vegetacionais transicionais exercem importantes funções de equilíbrio em suas relações de troca de fluxos biológicos.

A região abrangida pelo Bioma do Cerrado pertence à sub-bacia do Rio das Velhas, representada localmente pelas sub-bacias dos rios: Pardo Pequeno e do Paraúna. O Bioma do Cerrado apresenta grande diversidade de fitofisionomias naturais, identificadas no Mapa de Unidades Ecológicas, podendo-se citar, conforme descrição de RIBEIRO et al (1998), as seguintes formações: campestres, incluindo os campos rupestres, limpo e sujo; savânicas, abrangendo a tipologia de cerrado (*stricto sensu*) e as formações florestais, representadas pelo cerradão e pelas formações ribeirinhas, cuja denominação foi designada por RODRIGUES (2000).

O Bioma da Mata Atlântica abrange a porção leste da área em estudo referindo-se à Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha, estando representado pela tipologia vegetacional da Floresta Estacional Semidecidual. A dificuldade de acesso, devido às condições do relevo local, proporcionou a manutenção de grandes manchas florestais interligadas por corredores.

A classificação da vegetação natural inserida nos biomas acima descritos contidas no Mapa das Unidades Ecológicas teve como modelo às categorias adotadas na bibliografia clássica. Porém, alguns ajustes conceituais foram necessários, decorrentes de interpretações diferenciadas, quanto ao conceito de “Mata Ciliar” e de “Mata Galeria”. Referindo-se ao termo mata galeria, inúmeros autores já destacaram a inexistência de limites conceituais bem definidos. AB’ SABER (2000. p. 15) em seu trabalho sobre “O Suporte Geoecológico das Florestas Beiradeiras (Ciliares)”, descreve a nítida diferença entre o conceito de matas ciliares e galeria. Segundo o autor, as matas ou florestas ciliares envolvem todos os tipos de vegetação arbórea vinculada à margens de rios, ocorrendo em todos os domínios morfoclimáticos e fitogeográficos do país. Entretanto, o termo “mata galeria” é usado para designar as formações florestais ocorrentes ao longo dos cursos d’água, em meio às formações do tipo cerrado e campos do Brasil, diferindo fisionomicamente das formações adjacentes.

Para RIBEIRO (2001, p 36), a diferença entre a mata ciliar e mata galeria está também na sua composição florística e de deciduidade. Floristicamente as matas ciliares assemelham-se à mata seca e apresentam grau de caducifolia na estação seca, enquanto que as matas galerias são constantemente caducifolias.

Em consonância com o delineamento conceitual dado pelos autores em relação às diferenças entre matas ciliares e galerias, adotou-se o termo mata galeria para as formações florestais que entrecortam o ambiente campestre e mata ciliares para as formações florestais ribeirinhas contíguas às de encostas.

A distribuição espacial dos fragmentos de vegetação natural na área em estudo, confere à paisagem um aspecto heterogêneo, resultante tanto das condições abióticas, quanto do histórico do uso e ocupação do solo.

Em toda região as tipologias vegetacionais encontram-se fragmentadas pela utilização antrópica que remonta o início do Séc. XVIII. A partir dessa época até os dias atuais, a região foi submetida a várias atividades que exercem pressões diferenciadas sobre o espaço, manifestadas pelo extrativismo mineral de ouro e diamante, pelas práticas agrícolas e pecuárias com técnicas de manejo tradicionalmente conservadas e pelo expansionismo urbano. A Depressão de Gouveia foi submetida a fortes pressões derivadas das atividades agropecuárias, configurando-se em uma paisagem intensamente heterogênea apresentando fragmentos típicos de da formação de cerrado. O Vale do Rio Jequitinhonha representa uma parcela da região em estudo que ainda apresenta uma paisagem conservada formada por extensos fragmentos representativos dos ecossistemas florestais, em avançado estágio de regeneração secundária. Esse fato talvez decorra das inaptidões dos solos voltados às atividades agrícolas, aliada às dificuldades de acesso em alguns trechos.

As dimensões espaciais abrangidas pelos fragmentos vegetais e pelas classes de uso antrópico podem ser observadas no GRÁFICO 1 e TABs 10 e 11.

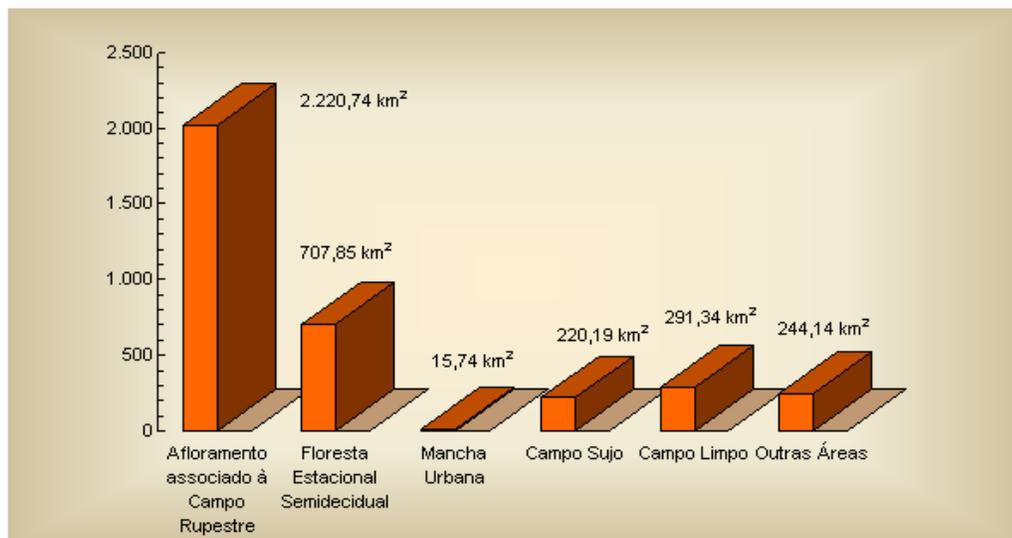


GRÁFICO 1 – Dimensão espacial abrangida pelas classes de uso e ocupação do solo e de vegetação

TABELA 10
Classes de uso do solo e de vegetação que abrangem maiores dimensões espaciais na área em estudo

Afloramento Rochoso Associado a Campo Rupestre	Floresta Estacional Semidecidual	Mancha Urbana	Campo Sujo	Campo Limpo	Outras Áreas
2.020,74	707,85	15,74	220,19	291,34	244,141
57,74%	20,22%	0,45%	6,29%	8,32%	6,98%

TABELA 11
Classes de uso do solo e de vegetação que abrangem menores dimensões espaciais na área em estudo

Campo Cerrado	Relorestamento	Áreas Desmatada	Pastagem Natural	Área Cultivada	Cerrado	Cerradão	Total
123,15	31,24	0,42	4,16	58,82	16,82	9,53	244,14
3,52%	0,89%	0,01%	0,12%	1,68%	0,48%	0,27%	6,98%

4.7.1) Fragmentos de Vegetação Natural

Campos Rupestres

Na área em estudo a tipologia de campo rupestre ocorre associada aos afloramentos rochosos de quartzito, abrangendo 57,74 % da área, constituindo-se em uma feição dominante nos alinhamentos serranos, integrantes da Unidade Morfoestrutural dos Relevos Residuais e nos afloramentos quartzíticos sobre superfície de aplanamento pertencente à Unidade Morfoestrutural das Áreas Aplanadas.

Esses campos, ocorrentes no Planalto do Espinhaço, foram classificados por RIZZINI (1979), como campos quartzíticos sobre afloramentos rochosos. Para o autor, são comuns na região as seguintes espécies: *Butiá leiospatha*, medindo aproximadamente de 1 a 2 metros, *Arundinaria effusa*, gramínea que chegam a 1,8 metros de altura.



FIGURA 28 – Vegetação de campo rupestre incidindo sobre fendas do afloramento rochoso do tipo ruiniforme.



FIGURA 29 – Campo rupestre na base dos afloramentos.

Os campos rupestres se distribuem de maneira diferenciada sobre os afloramentos rochosos, estando condicionados à existência de uma camada de solo. Segundo RODRIGUES et. al (2000), no topo dos afloramentos rochosos, onde a camada de solo é quase inexistente, desenvolve-se um número

reduzido de espécies de pequeno porte. Em direção às encostas, onde incide a rede de fraturas, ocorre maior número de espécies arbustivas, de pequeno porte, devido ao acúmulo de água nesses interstícios favorecendo o intemperismo e a formação de uma fina camada de solo orgânico (FIG. 28). RIZZINI (1979) classificou os solos, sotopostos aos campos rupestres ou campos quartzíticos, como arenosos de cores escuras, devido à concentração de húmus.

Na base dos afloramentos, os campos rupestres ocorrem sobre a superfície rochosa, intercalada com camadas de solo orgânico, apresentando espécies florísticas mais concentradas e diversificadas, chegando a formar um tapete herbáceo e arbustivo com espécies de maior porte, mas que, em geral, não ultrapassam 1,5 metros de altura (FIG. 29).

Os campos rupestres são floristicamente pobres, devido às características intrínsecas do ambiente que exerce pressões seletivas e rigorosas a essa tipologia vegetal. A adaptação dessa tipologia vegetal nesses ambientes seletivos valoriza o patrimônio genético, se constituindo em um potencial para a pesquisa científica, (RODRIGUES, 2000).

Campos Limpos

Os campos limpos abrangem 8,32 % da região em estudo, tendo sua distribuição espacial condicionada à ocorrência de neossolos quartzarênicos, sobre coberturas detrito-latetíficas.

Os campos limpos caracterizam-se por uma cobertura herbácea constituída por gramíneas campestres típicas, subarbustos e arbustos baixos e esparsos, (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS, 1982).

Na área, campos limpos configuram um tapete homogêneo, com ocorrência eventual de subarbustos (FIG 30).



FIGURA 30 – Vegetação de campo limpo

Segundo RIZZINI (1979, p. 198), os campos limpos são formações edáficas que vivem em solos arenosos rasos ou duros, com deficiência de água. Em alguns trechos da superfície aplanada são encontradas sempre-vivas por vezes associadas aos ambientes com condições edáficas específicas, que condicionam a formação de solo turfoso (FIG. 32). As sempre-vivas são comercializadas nos principais núcleos urbanos da região (FIG. 33).

Para o autor, os campos limpos do Planalto do Espinhaço são identificados como campos quartizíticos, com gramíneas e subarbustos, possuindo maior riqueza florística do que os demais campos. Na região, o autor identificou algumas espécies de pequeno porte como: *Klotschia brasiliensis*, *Encholirion subsecundum* (bromélia), *Norantea adamantium*, *Periandra mediterrânea*, *Arundinaria effusa*, *kielmeyera rósea* e a *Esterhazia saplendida*.



FIGURA 31 – Sempre-vivas



FIGURAS 32 – Sempre-vivas sobre solo turfoso.



FIGURA 33 – Comercialização de sempre-vivas em São João da Chapada.

Na região, os campos limpos ocorrem sobre depósitos arenosos que recobrem as superfícies planas, com altitudes superiores a 1200 metros. Nas bases dos afloramentos, formam pequenas rampas de colúvio, onde incidem os campos limpos, sem a presença de espécies arbustivas, formando um tapete graminoso sobre neossolos quartzarênicos (FIGURAS 34 e 35).



FIGURA 34 - Rampa de colúvio



FIGURA 35 – Rampa de colúvio

Rampa de colúvio com caimento suave, recoberta pela vegetação de campo limpo, circunscrita por afloramentos rochosos associados aos campos rupestres.

Detalhe da rampa de colúvio, recoberta por vegetação de campo limpo, associada aos campos rupestre.

Matas Galerias e Ciliares

As matas galerias e ciliares constantes na região ocorrem de formas diferenciadas nas unidades morfoestruturais das Áreas Aplanadas e Dissecadas. Os fragmentos de mata ciliares não foram individualizados para a mensuração de seu espaço de ocupação, devido à dificuldade de se

estabelecer limites entre essa formação vegetal e as formações vegetacionais de encostas, porém podem ser identificados no Mapa das Unidades da Paisagem.

Na Unidade das Áreas Aplanadas, as matas galerias ocorrem em contraste à vegetação campestre comum na paisagem, acompanhando os cursos d'água, que recortam a superfície, em direções preferenciais impostas pela rede de fratura das litologias do Supergrupo Espinhaço e pelos afloramentos de rochas metabásicas, conferindo à região grande beleza cênica. Nesses ambientes, as matas galerias ocorrem encravadas no fundo do vale, sob a forma de finos filetes, apresentando transição brusca com as formações campestres adjacentes (FIG.36).



FIGURA 36 – Mata Galeria

Tufos de mata ciliares em meio à vegetação campestre.

A diferença entre a composição florística da mata galeria e da vegetação circunvizinha, localmente representada pelos campos limpos, está associada às diferenças quanto aos solos, à topografia do terreno e ao regime hídrico, conforme descreveu CORREIA et al (2001. p. 52), em seus estudos sobre a influência dos fatores edáficos na distribuição de espécies arbóreas em matas de galeria na região de cerrado do Triângulo Mineiro e do Distrito Federal. As mesmas variações laterais, realizadas na estrutura e composição florística da mata galeria, acontecem no sentido longitudinal, ao longo do curso d'água, de acordo com as características do solo dos terrenos ribeirinhos, CORREIA et al. (Ibidem. p. 54) e JACOMINE (2000. p. 29).

Uma primeira aproximação quanto à análise das características distintas da estrutura e composição florística das matas galerias pode ser realizada com base nas diferenciações apresentadas solos, clarificadas em função de suas fortes relações com as coberturas superficiais e litologias locais.

De acordo com as investigações pedológicas realizadas por JACOMINE (2000. p. 29), os terrenos ocupados por matas galerias na região de cerrado do Triângulo Mineiro e Distrito Federal são constituídos, predominantemente de neossolos quartzarênico hidromórficos. Essa constatação pode ser extrapolada para a área em estudo, sugerindo que as matas galerias ao longo dos sobre depósitos arenosos, com formação de neossolos quartzarênicos, provavelmente, em função da maior umidade nas proximidades dos cursos d'água, estarão incidindo sobre neossolos quartzarênicos hidromórficos. Segundo JACOMINE (Op.cit.), esses condicionantes pedológicos impõem à mata galeria uma fisionomia distinta, com predomínio de árvores finas e de porte reduzido, configurando um ecossistema extremamente frágil. Conforme acrescenta CORREIA et al (2001. p. 54), as matas galeria recobrimo solos orgânicos e hidromórficos “apresentam uma distinta comunidade de plantas com espécies dominantes diferentes daquelas locais bem drenados” sendo comuns, de acordo com seus levantamentos nas regiões do Distrito Federal e do Triângulo Mineiro, a *Guarea macrophylla*.

Uma feição comum na paisagem está representada pelos cursos d'água adaptados às litologias encaixantes, representadas pelas rochas metabásicas. Nesses locais, os solos mais espessos e bem drenados constituído pelos latossolos vermelhos, favorecem a ocorrência de maior número de espécie florestal e tipos diferenciados de espécies dominantes. Sobre esses solos, nas regiões do Distrito Federal e do Triângulo Mineiro, CORREIA et al (Ibidem) encontrou algumas espécies dominantes, podendo-se citar: *Miconia thaezans*, *Cróton urucurana*, *Cecropia pachystachya*.

Em relação à representatividade desse ecossistema ripário, vários autores identificam sua relevância, observando a importância das relações funcionais entre os sistemas bióticos e abióticos, favorecendo a alta diversidade de micro-ambientes e a riqueza de espécies.

Dentre os aspectos relevantes das zonas ripárias está a função hidrológica representada pela contribuição para o aumento da capacidade de armazenamento de água em sua área de ocorrência, permitindo maior vazão hídrica na estação seca, conforme descreveram ELMORE e BESCHT (1987) citados por LIMA et al (2000. p. 37).

Segundo LIMA et al (2000), existe uma “interação funcional permanente entre a vegetação ripária os processos geomórficos e hidráulicos do canal e a biota aquática”. O autor ressalta, o papel desempenhado pelas raízes na estabilização das margens dos cursos d’água e o constante fornecimento de matéria orgânica, com galhos e troncos caídos para os cursos d’água, se constituindo em uma fonte nutricional para a biota aquática. Os troncos e galhos caídos favorecem o processo de deposição de partículas e sedimentos, com formação de micro-habitats favoráveis a algumas espécies da fauna aquática.

Por se constituir em uma única formação florestal, circundada por campos limpos e rupestres, a mata galeria irá funcionar como importante fonte de refúgio e alimento para a fauna regional, servindo como corredor de fluxo de animais entre os fragmentos florestais e campestres.

Em relação à avifauna, a mata galeria atrair grande número de espécies de distribuição geográfica ampla, SILVA e VIELLIARD (2000. p. 172), podendo-se citar, dentre outros, as espécies de gaviões (*Ictinia plumbea* e *Micrastur semitorquatus*), beija-flores (*Phaethornis pretrei* e *Thalurania furcata*) e de pica-paus (*Dryocopus lineatus* e *Melanerpes flavifrons*) .

Apesar da pequena representação espacial das matas galerias, no conjunto das formações do domínio do Cerrado, encontram-se várias espécies de mamíferos, predominando as espécies de pequeno porte, conforme descreveu MARINHO F. et al (2000 p. 211). O autor identifica a ocorrência, nos ecossistemas ribeirinhos da região do cerrado de oito espécies endêmicas de mamíferos, sendo sete de roedores e uma de morcego.

BROWN (2001. p. 223) descreve a importância ecossistêmica das matas galerias como: oferta de ambientes diferenciados, efeitos de ecótono, ou efeito de borda, traduzidos pela multiplicação da diversidade de espécies de plantas e animais até 50-200 metros de uma borda ou transição vegetacional, (LOVEJOY et al., 1986; DIDHAM, 1997; BROWN & HUTCHINGS, 1997), citados por BROWN (2001. p. 223).

Todos os fatores incidentes sobre as matas galerias promovem a riqueza de animais pequenos umbrófilos, dependentes de alta umidade para sobrevivência, tais como: mosquitos, libélulas e outros insetos com larvas aquáticas, e muitas espécies de insetos fitófagos, ausentes em ambientes mais secos (BROWN, K.S, 2001. p. 223). Essas espécies são consideradas indicadoras da integridade do sistema hidrófilo das florestas galerias ciliares, facilitando o monitoramento rápido e contínuo do ecossistema ribeirinho.

Na Unidade Morfoestrutural das Áreas Dissecadas, as matas galerias ocorrem em meio à vegetação de cerrado (*latu sensu*), recobrando as planícies e terraços fluviais dos cursos fluviais das sub-bacias dos Ribeirões Chiqueiro, Areia e do Rio Parauna, bem como nas planícies e terraços fluviais do Rio Pardo Pequeno e do Córrego Limoeiro, a oeste da área. Nesses terrenos ocorrem neossolos flúvico que favorecem a ocorrência de um biótopo com características mais secas, sujeitos as eventuais inundações. Nesses ambientes, sob condições de menor umidade, a mata ciliar passa a ter características de estacionalidade, conforme descreveu JACOMINE (2000 p.27).

Cerrado

Na área em estudo, os fragmentos de cerrado são comumente encontrados sobre rochas graníticas do Complexo de Gouveia e sobre os mármores da Formação Sete Lagoas, ocupando área equivalente a 0,48% da superfície total (FIG 37).

A vegetação de cerrado (*stricto sensu*) constitui uma formação vegetal arbóreo-arbustiva, de aspecto uniforme, indivíduos de porte atrofiado, com troncos retorcidos e casca grossa (FIG. 37), segundo definições contidas no relatório do Projeto São Francisco, desenvolvido pela FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS (1982).



FIGURA 37 – Vegetação de cerrado

Trata-se de uma tipologia vegetal perenifólia com perda de folhas, durante a estação seca. Nessa estação, em que ocorre a floração, as folhas apresentam-se menos verdes, envelhecidas e mais coriáceas. Na estação chuvosa, as folhas ficam mais novas e tenras com cores mais claras e brilhantes.

De acordo com MONTGOMERY (1996), a vegetação de cerrado ocupa áreas de solos ácidos, pobres em nutrientes, com alta toxicidade mineral, condicionando sua ocorrência aos fatores edáficos e não climáticos, apresentando uma considerável diversidade de espécies vegetais. Na região a vegetação de cerrado incide sobre latossolos vermelhos amarelos e cambissolos.

Campo Cerrado

A vegetação de campo cerrado possui pequena expressão espacial na região, sendo equivalente a 3,52%. Essa tipologia vegetal ocorre predominantemente, nas regiões da Depressão de Gouveia e nas proximidades de Conselheiro Mata, recobrando latossolos vermelho-amarelos, sobre rochas do Grupo Bambuí e da Formação Córrego Pereira.

Consiste em uma vegetação herbácea, com vegetais lenhosos e presença de arbustos ou arvoretas, dispersos no seu interior (FIG.38). A vegetação herbácea está representada por gramíneas e ciperáceas, chegando a atingir 1 metro de altura, entremeadas por diversas ervas lenhosas ou subarbustos (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS, 1982).

Na Depressão de Gouveia, a formação vegetal de campo cerrado é utilizada como pastagem natural, constantemente submetida ao pastoreio bovino. Na região de Conselheiro Mata, os campos cerrados encontram-se mais conservados, mantendo suas características naturais com gramíneas e maiores densidades de subarbustos, (FIG. 38).



FIGURA 38 – Vegetação de campo cerrado

Detalhe da vegetação de campo cerrado nas proximidades da Cidade de Conselheiro Mata.

Campo Sujo

A tipologia vegetacional de campo sujo compõe a cobertura vegetal dominante na região de Gouveia, compreendendo 6,29% de sua superfície total.

Os campos sujos constituem-se em uma vegetação semelhante à formação vegetal de cerrado (*lato sensu*), apresentando raras árvores arbustífome, densa cobertura de gramíneas e espécies arbóreas esparsas, (RIZZINI, 1996).

Assim como a formação vegetal de campo cerrado, os campos sujos são utilizados para o pastoreio bovino, denominado por práticas de manejo inadequadas que impedem a recomposição vegetal dessa formação vegetal, facilitando o desenvolvimento de processos erosivos.

Cerradão

A tipologia florestal ocorrente na região de Conselheiro Mata, foi identificada como cerradão, com base na análise de seu aspecto fisionômico requerendo análises florísticas mais aprofundadas. A distribuição espacial dos

fragmentos dessa formação florestal, restrita à essa região, compreende 0,27% da superfície total da área.

O cerradão constitui uma formação de transição entre dois biomas, contendo espécies tanto do cerrado, quanto da mata atlântica. Representa uma formação arbórea constituída por árvores e arbustos menos tortuoso do que os do cerrado, sendo intensa a frequência de árvores com alturas entre 3 e 7 metros, (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS, 1982).

Floresta Estacional Semidecidual

O espaço de ocorrência da Floresta Estacional Semidecidual corresponde ao Vale do Rio Jequitinhonha, abrangendo 20,22% da superfície total da área. As características do relevo, evidenciadas por vertentes íngremes e vales encaixados, favoreceram a permanência de grandes fragmentos florestais, representativos dessa tipologia vegetacional, devido à dificuldade de acesso para implantação de atividades antrópicas responsáveis pela sua extinção, (FIG.39).

A Floresta Estacional Semidecidual ocorre também sob a forma de grandes fragmentos, em meio à vegetação campestre, condicionada aos afloramentos de rochas intrusivas, conforme pode ser observado na FIG. 40.



FIGURA 39 – Floresta estacional semidecidual e vegetação campestre.



FIGURA 40 - Floresta estacional semidecidual.

Em primeiro plano, observa-se fragmento da Floresta Estacional Semidecidual e ao fundo, a vegetação campestre, associada ao afloramento rochoso. Região de cabeceira do Córrego Pontes, pertencente à Bacia do Rio Jequitinhonha.

Área de ocorrência da Floresta Estacional Semidecidual, em meio à vegetação campestre, condicionada à incidência de rochas intrusivas, ao norte da cidade de Gouveia.

Mesmo considerando os obstáculos impostos pelo relevo, alguns trechos, no interior da floresta estacional semidecidual, foram desmatados para implantação da monocultura de *eucaliptus* e de cultivos temporários e outros trechos abandonados, após o desmate, permitindo a regeneração secundária da tipologia florestal, atualmente, em estágio inicial.

4.7.2) Fragmentos Antropizados

Referem-se aos fragmentos agropastoris representados por pastagens e, em menor escala, por áreas agrícolas e pelos espaços reflorestados e as áreas densamente antropizadas, concernentes aos núcleos urbanos, totalizando 3,15% da superfície total.

Constitui-se em uma região de povoamento antigo em que era habitada pelas tribos indígenas que, posteriormente foram expulsas pelos exploradores à procura das reservas auríferas e diamantíferas da região.

No início do Séc. XVII, a ocupação concentrada em determinadas áreas, deu origem aos arraiais de Tijuco e Serro, elevados à categoria de municípios na década de 30 desse século, recebendo as denominações de Diamantina e Serro.

Com o declínio da mineração, iniciou-se o processo de instalação das atividades agropecuárias, incidindo sobre as formações vegetais naturais, permanecendo até os dias atuais.

A paisagem regional encontra-se atualmente formada por fragmentos antropizados evidenciando registros da ocupação antiga nas atividades econômicas vocacionais atuais.

O desenvolvimento regional atual apresenta-se calcado no setor minerário e na ampliação dos espaços agropecuários. Segundo informação contida no Mapa de Títulos Minerários do Departamento Nacional de Pesquisa

Mineral – DNPM, grande parte da região encontra-se requerida para implantação de atividades minerárias, apresentando áreas de decreto de lavra, em diversas fases de licenciamento junto ao DNPM. O setor minerário está representado pela extração de quartzo para fundição nas regiões de Gouveia, Presidente Kubitscheck e Diamantina, de manganês nas proximidades do Ribeirão Batatal e nos municípios de Gouveia, Diamantina e Datas e pela exploração de diamante e ouro como subproduto, comumente exercida no Rio Pinheiro e no Rio Jequitinhonha, próximos à localidade de Itaipava.

Em toda região estudada a cobertura vegetal primitiva correspondente às tipologias vegetais de cerrado (*lato sensu*) e da floresta estacional semidecidual foi, em alguns trechos, substituída pela implantação das atividades agropastoris, resultando em uma paisagem fragmentada em diferentes intensidades, mas que ainda sustenta nível elevado de qualidade ambiental.

A região apresenta-se conservada em grandes porções e em alguns trechos com maior ocupação antrópica. A paisagem se configura como um mosaico de campos de cultivos, pastagens, áreas reflorestadas, áreas urbanizadas em meio aos fragmentos da vegetação natural (FIG. 41).



FIGURA 41– Utilização antrópica em fragmento florestal

Processo de substituição da Floresta Estacional Semidecidual por reflorestamento de *eucaliptus* e pastagens plantadas. Região ao norte da cidade de Gouveia.

Fragmentos de Áreas Cultivadas

Em toda região as culturas de subsistência apresentam baixas concentrações espaciais, totalizando 1,68% da superfície total. Porém, observa-se que as maiores áreas agrícolas encontram-se nos arredores das cidades de Gouveia e de Conselheiro Mata. Nessas regiões, a agricultura se desenvolve, predominantemente, por meio de cultivos temporários, tendo como produtos principais: o feijão, o arroz, o milho, a mandioca. Os cultivos temporários abrangem pequenos espaços em meio à vegetação natural, com adoção de técnicas primárias de preparo do solo.

O arroz, cultivado em praticamente toda a região, utiliza principalmente as áreas de várzeas. As culturas de feijão, na maioria das vezes, plantadas em consórcio com o milho e a mandioca, encontram-se bastante difundidas na região, ocupando as baixas vertentes.

Embora tenha sido considerada de importância secundária em termos de distribuição espacial e pouco difundida na região, a cultura permanente de café, observada nas áreas circunvizinhas da Cidade de Conselheiro Mata, representa um impulso nas práticas agrícolas locais (FIG. 42).



FIGURA 42 – Plantação de café

Detalhe da cultura permanente de café localizada nas proximidades de Conselheiro Mata.

Na Depressão de Gouveia, especificamente nas sub-bacias do Ribeirão Chiqueiro e da Areia, a pecuária e a agricultura de subsistência se instalaram de forma mais efetiva. Nessa região os fragmentos naturais da vegetação de cerrado encontram-se permeados por espaços agrícolas de diversas extensões.

Nos setores mais declivosos da região, correspondentes à bacia hidrográfica do Rio Jequitinhonha, boa parte das lavouras se localiza nos sopés das encostas e nas planícies fluviais. A redução dos espaços disponíveis para implantação das atividades agrícolas favorece a conservação dos fragmentos da vegetação natural e, conseqüentemente o confinamento da agricultura.

Fragmentos de Pastagens

As atividades pecuárias desenvolvidas na região estão espacialmente representadas pelas pastagens naturais e plantadas, ocupando 0,12% da superfície total.

As pastagens naturais correspondem aos terrenos recobertos, predominantemente, pela vegetação natural de campos sujo e, secundariamente de campo cerrado utilizado para o pastoreio bovino, com o emprego de técnicas de manejo rudimentares, contribuindo para o empobrecimento do solo e a instalação e aceleração de processos erosivos, como observado na Depressão de Gouveia e na região de Conselheiro Mata, (FIG.43).



FIGURA 43 – Pastagem natural
Vegetação de Campo Cerrado,
aproveitada para o pastoreio.

As pastagens plantadas constituem-se em áreas desmatadas e destocadas para implantação da atividade pecuária, correspondendo aos espaços ocupados pelo capim braquiária ou colonião que, devido às pequenas expressões espaciais, não foram identificados.

A distribuição espacial das pastagens abrangendo toda região demonstra a vocação da área para a atividade pecuária. Os bovinos e suínos são os rebanhos mais numerosos, com predominância dos primeiros. A bovinocultura é a atividade mais importante, distinguindo-se a pecuária de corte, desenvolvida em sistema extensivo em grandes e médias propriedades.

Fragmentos de Áreas Reflorestadas

Uma porção significativa dos espaços ocupados pela vegetação natural foi reservada aos reflorestamentos, constituindo-se em maciços plantados de *eucaliptus*, totalizando 0,89% da superfície total da área.



FIGURA 44 - Reflorestamento



FIGURA 45 - Reflorestamento

Grande área ocupada por reflorestamento de *eucaliptus*, em meio à vegetação natural de cerrado, nas proximidades de Conselheiro Mata.

Reflorestamento de *eucaliptus* ao longo da rodovia MG – 367, no trecho entre Gouveia à Diamantina.

Comumente os espaços reflorestados formam finos filetes acompanhando as principais vias de acessos que ligam os núcleos urbanos da região (FIG.45). Fragmentos de *eucaliptus* de maiores dimensões podem ser

observados no setor oeste da área em estudo, especificamente nas proximidades da Cidade de Conselheiro Mata (FIG.44).

Núcleos Urbanos

Na região em estudo encontram-se dezessete núcleos urbanos, representados por quatro sedes municipais Diamantina, Datas, Gouveia e Presidente Kubitschek e por quatorze localidades como: Conselheiro Mata, São João da Chapada, Trinta Reis, Pedro Lessa, Mendanha, Guinda, Sopa, Barão de Gaucuí, Cuiabá, Pedro Pereira, Tombadouro, Vau, Biribiri e Itaipava (QUADRO 16).

Constituem-se em núcleos urbanos antigos expressos na paisagem ao longo das principais rodovias. As manchas urbanas mapeadas com dimensões diferenciadas totalizam 0,45 % do espaço total da região, sendo as maiores descritas, em ordem decrescente, as sedes urbanas de Diamantina, Gouveia, Datas e Presidente Kubistchek (QUADRO 16).

Além das atividades industriais em pequenas escalas, exercidas nesses núcleos urbanos, encontra-se a atividade turística em massa desempenhada, principalmente, na cidade de Diamantina. Os atrativos turísticos estão representados pelos equipamentos urbanos e atrativos naturais como: museus, mercado, acervo arquitetônico, festas religiosas, vesperata e inúmeras cachoeiras localizadas no entorno da cidade.

As atividades de ecoturismo e turismo rural encontram-se ainda incipientes ou ausentes na região, em discrepância com o imenso potencial natural existente, indicando à necessidade de implantação de projetos turísticos voltados para o aproveitamento dos recursos disponíveis.



FIGURA 46 - Diamantina

Visão geral da Cidade de Diamantina a partir da rodovia MG-367.

QUADRO 16
Localidades inseridas na área em estudo

LOCALIDADES INSERIDAS NA ÁREA EM ESTUDO	MUNICÍPIOS
Barão de Guacuí	Datas
Biribiri	Diamantina
Cuiabá	Gouveia
Extração	Diamantina
Guinda	Diamantina
Itaipava	Diamantina
Mendanha	Diamantina
Pedro Pereira	Gouveia
Pedro Lessa	Serro
Sopa	Diamantina
São João da Chapada	Diamantina
Trinta Reis	Presidente Kubitschek
Tombadouro	Datas
Vau	Diamantina

TABELA 12
População urbana e rural das sedes urbanas localizadas na área em estudo

Sedes Urbanas Inseridas na Área em Estudo	População Total	População Urbana	População Rural
Diamantina	44.259	37.744	6.485
Gouveia	11.689	7.740	3.949
Datas	5.040	1.737	1.214
Presidente Kubitschek	2.951	1.737	1.214

Fonte: Fundação João Pinheiro – Desenvolvimento Humano no Brasil

4.8) Compartimentação da Paisagem

Pretende-se com o estabelecimento da organização espacial da paisagem prestar subsídios à pesquisa detalhada na área biológica, tendo como foco a compreensão das relações ecossistêmicas dos elementos estruturais, abordando os seguintes aspectos: relacionamento do tamanho do fragmento e a riqueza de habitats; ação do isolamento dos fragmentos no potencial de imigração e de recolonização das espécies (SAUNDERS et al, 1991, SOULÉ et al 1991), complexidade e densidade dos corredores de habitats e processos relacionados com o tipo de área de entorno.

A paisagem regional encontra-se organizada com padrões distintos em vários setores, permitindo a individualização de doze unidades, conforme pode ser observado no Mapa das Unidades da Paisagem, diferenciadas quanto aos padrões de distribuição espacial dos fragmentos vegetais naturais e antrópicos e quanto ao tamanho desses fragmentos.

A análise da configuração da paisagem, realizada de forma integrada entre as variáveis temáticas relacionadas ao meio abiótico, demonstrou claramente a profunda correlação entre as unidades da paisagem e os substratos rochosos responsáveis pelas feições do relevo.

Os corredores, correspondentes às matas galerias e ciliares, interligam os fragmentos vegetacionais, equivalendo-se às estruturas lineares que diferem das unidades vizinhas. As estruturas lineares, mapeadas na área, foram incorporadas nas unidades das matrizes e, secundariamente nas unidades dos mosaicos.

As matrizes correspondem aos elementos da paisagem preponderantes aos demais, apresentando-se entrecortadas por fragmentos vegetacionais ou antropizados.

Os mosaicos são unidades compostas por diversos fragmentos antropizados e vegetacionais, por corredores e matrizes envolventes, de forma equivalente. A escala adota no estudo impediu a individualização desses componentes. Os mosaicos podem ser interpretados como unidades complexas, em que a interferência antrópica foi intensa na fragmentação da paisagem.

Objetivando melhor compreensão das unidades da paisagem mapeadas, selecionaram-se, em cada unidade individualizada, espaços representativos apresentados nas figuras ilustrativas que acompanham a descrição das unidades, conforme legenda da FIG 47.

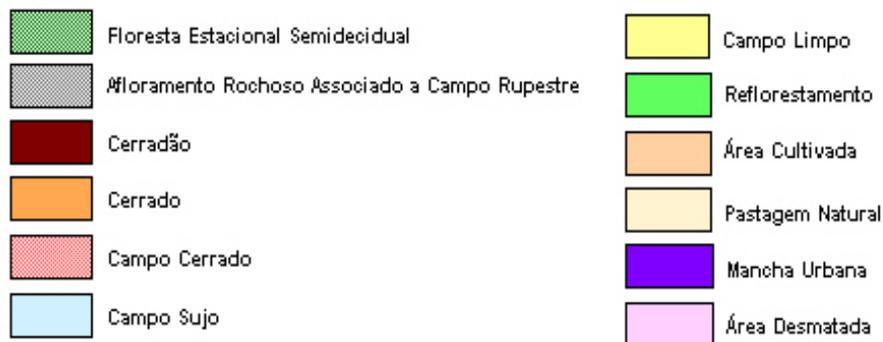


FIGURA 47 – Legenda das classes de uso e de vegetação

4.8.1) Unidade das Matrizes

Na compartimentação da paisagem realizada foram delimitadas seis unidades de matrizes, contendo fragmentos diferenciados, conforme descrição a seguir.

Matriz de Afloramento Rochoso Associado a Campo Rupestre e Mata Galeria com Fragmentos de Campo Limpo.

Corresponde a unidade da paisagem de maior grandeza espacial na área, contendo ecossistemas representativos da superfície cimeira. As matas galerias incidem sob a forma de finos filetes ao longo da drenagem local. Em alguns trechos, a mata galeria apresenta-se fragmentada e, em outros, preservada conectando fragmentos de habitats diferenciados como de campo limpo e da floresta estacional semidecidual.

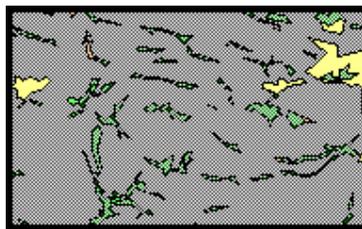


FIGURA 48 - Matriz de afloramento rochoso associado a campo rupestre e mata galeria com fragmentos de campo limpo.

Matriz de Campo Limpo com Fragmentos de Mata Galeria, Afloramento Rochoso, Área Cultivada e Espaços Urbanizados

Essa unidade da paisagem engloba grandes fragmentos de campo limpo sobre a superfície arenosa dos neossolos quartzarênicos. A distribuição espacial dessa unidade da paisagem demonstra perfeita interação com as litologias representadas por filitos, metassiltitos, metargilitos das formações Santa Rita e Córrego Bandeira. Por recobrirem terrenos com declividades

favoráveis à práticas agrícolas, os fragmentos de campos limpos encontram-se fragmentados por pequenos espaços agriculturáveis. As matas galerias constituem-se em pequenos espaços dispersos na matriz.



FIGURA 49 - Matriz de campo limpo com fragmentos de mata galeria e áreas cultivadas.

Matriz de Floresta Estacional Semidecidual com Fragmentos de Afloramento Rochoso Associado a Campo Rupestre, Reflorestamento e Áreas Cultivadas.

Corresponde à unidade da paisagem com fragmentos florestais de maiores dimensões, mantendo-se conectados por corredores. Essa paisagem é comum nos terrenos declivosos do vale do Rio Jequitinhonha e o da porção oeste da área em estudo. Os maiores fragmentos podem ser observados na média e baixa vertentes. Nos topos, os fragmentos florestais encontram-se fragmentados por reflorestamento de *eucaliptus* e secundariamente, por áreas agrícolas.

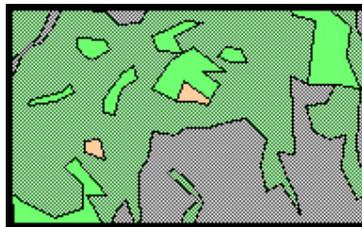


FIGURA 50 - Matriz de floresta estacional semidecidual com fragmentos de afloramento rochoso associado a campo rupestre, reflorestamento e área cultivada.

Matriz de Campo Cerrado com fragmentos de mata galeria, afloramento rochoso associado a campo rupestre e área cultivada.

Essa unidade da paisagem restringe-se aos fragmentos de campo cerrado ocorrentes, sobre latossolos vermelho amarelo, ao norte da cidade de Conselheiro Mata. As matas galerias promovem ligações com os habitats dos afloramentos rochosos associados a campo rupestre. Nas proximidades dos cursos d'água, ocorrem pequenos fragmentos de áreas cultivadas promovendo a fragmentação da borda da mata galeria.

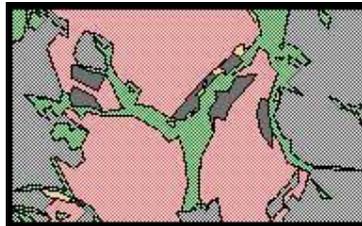


FIGURA 51 - Matriz de campo cerrado com fragmentos de mata galeria, afloramento rochoso associado a campo rupestre e área cultivada.

Matriz de Campo Sujo com Fragmentos de Mata Galeria, Cerrado, Campo Cerrado e Áreas Cultivadas.

A matriz de campo sujo, composta por diversos fragmentos do bioma do cerrado e por áreas antropizadas, se traduz em uma paisagem comum na Depressão de Gouveia. Esses fragmentos recobrem as colinas convexas, elaboradas sobre xistos do Grupo Costa Sena Indiviso. A formação vegetal de campo sujo é utilizada pelo pastoreio bovino. Outra forma de fragmentação da paisagem, incidindo, principalmente sobre as matas galerias, são as áreas cultivadas traduzidas por pequenos pomares, horticulturas e lavouras de subsistências.

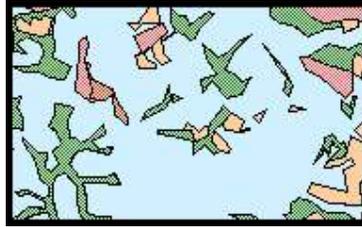


FIGURA 52 - Matriz de campo sujo com fragmentos de mata galeria, cerrado, campo cerrado e área cultivada.

Matriz de Afloramento Rochoso Associado a Campo Rupestre com Fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual e Campo Limpo.

Essa unidade da paisagem ocorre de forma contígua aos grandes fragmentos da matriz. Refere-se, fundamentalmente aos fragmentos florestais de pequenas dimensões, apresentando bordas irregulares e parcialmente conectadas. O fator antrópico fragmentador da paisagem, encontra-se representado pelas áreas desmatadas, áreas reflorestadas com espécies exóticas e, secundariamente, pelas áreas cultivadas.

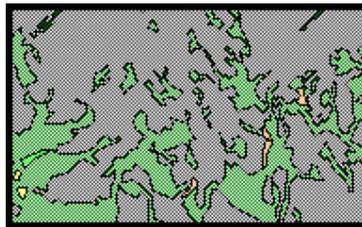


FIGURA 53 - Matriz de afloramento rochoso associado a campo rupestre com fragmentos de floresta estacional semidecidual e campo limpo.

4.8.2) Unidade dos Mosaicos

Na delimitação espacial das unidades da paisagem foram identificadas quatro unidades de mosaicos, contendo fragmentos antropizados e vegetacionais diferenciados quanto à tipologia e tamanho, conforme descrição abaixo.

Mosaico de Fragmentos de Cerradão, Cerrado, Mata Ciliar, Campo Cerrado, Campo Sujo, Afloramento Rochoso associado a Campo Rupestre, Reflorestamento e Áreas Cultivadas.

Refere-se à unidade da paisagem restrita à ocorrência de latossolos vermelho-amarelos sobre rochas filíticas da Formação Serra de Santa Helena, demonstrando a relação entre as variáveis abióticas. A fragmentação da paisagem, facilitada pelas condições favoráveis do relevo colinoso, se deu por meio da introdução mais acentuada de práticas agrícolas, incluindo os grandes espaços cultivados com café.

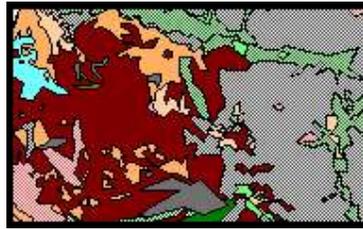


FIGURA 53 - Mosaico de fragmentos de cerradão, cerrado, campo cerrado, campo sujo, afloramento rochoso associado a campo rupestre e área cultivada.

Mosaico de Fragmentos de Campo Limpo, Mata Galeria, Afloramento Rochoso Associado a Campo Rupestre, Reflorestamento e Espaços Urbanizados.

Constitui-se em uma unidade da paisagem ocorrente na região circunvizinha de Datas, onde a vegetação natural de campo limpo e da floresta estacional semidecidual foi fragmentada, predominantemente, pelas atividades de reflorestamento.

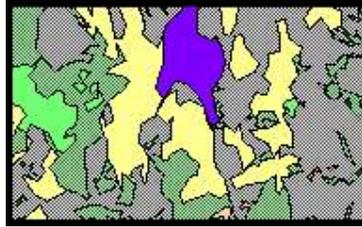


FIGURA 54 - Mosaico de fragmentos de campo limpo, mata galeria, afloramento rochoso associado a campo rupestre, reflorestamento e espaços urbanizados.

Mosaico de Fragmentos de Campo Sujo, Cerrado, Campo Cerrado, Reflorestamento, Áreas Cultivadas e Espaços Urbanizados.

O mosaico apresenta-se intensamente heterogêneo, composto por um complexo de fragmentos da vegetação natural de cerrado (*sensu lato*) e de áreas antropizadas. Essa unidade retrata a paisagem do interior da Depressão de Gouveia, onde os neossolos regolíticos e cambissolos recobrem as colinas sobre rochas granitóides do Complexo Gouveia. Em meio aos fragmentos antropizados, encontram-se os fragmentos urbanizados constituídos pelos núcleos urbanos de Cuiabá e Gouveia. As matas galerias encontram-se fragmentadas pelas interferências antrópicas rompendo a conectividade de habitats e a quebra da função das matas como corredores.

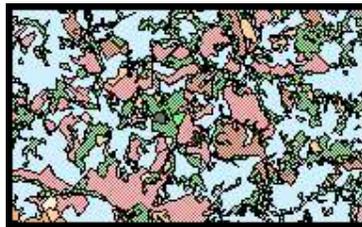


FIGURA 55 - Mosaico de fragmentos de campo sujo, cerrado, campo cerrado, reflorestamento, área cultivada e espaços urbanizados.

Mosaico de Fragmentos de Áreas Cultivadas, Floresta Estacional Semidecidual, Afloramento Rochoso associado a Campo Rupestre, Reflorestamento, Campo Limpo e Espaços Urbanizados.

A distribuição espacial dessa unidade, de forma descontínua na região, correlaciona-se com os quartzitos da Formação São João da Chapada, dos quartzos xistos do Grupo Costa Sena e dos metassiltitos e metaargilitos da Formação Santa Rita. Os fragmentos de campo limpo apresentam-se em diversos tamanhos, intercalados por fragmentos da floresta estacional semidecidual e por matas galerias.



FIGURA 55 - Mosaico de fragmentos de áreas cultivadas, floresta estacional semidecidual, afloramento rochoso associado a campo rupestre, reflorestamento, campo limpo e espaços urbanizados.

CAPÍTULO 5

GEOINDICADORES

Com base na determinação das principais funções sistêmicas das variáveis espaciais, procedeu-se à seleção dos geoindicadores adotando o conceito de sistemas para designar os compartimentos integrantes dos meios bióticos e abióticos.

No levantamento dos geoindicadores pertencentes ao meio abiótico, considerados relevantes para definição de áreas de fragilidade, procurou-se realizar uma análise seletiva, considerando os elementos determinantes na composição de unidades funcionais e de fácil identificação na escala adotada.

Para subsidiar o levantamento dos geoindicadores pertencentes ao meio biótico foram aplicados os conceitos da “Ecologia da Paisagem”, adotando critérios de fácil identificação para subsidiar futuras investigações sobre os processos ecológicos relacionados à configuração espacial apresentada pelos fragmentos vegetais.

Os geoindicadores apresentados na FIG.56 serão descritos a seguir de forma associada ao sistema que os compõem. As dimensões abrangidas por cada variável espacial, considerada como geoindicadoras, estão demonstradas no GRÁFICO 2.



FIGURA 56 - Indicadores ambientais

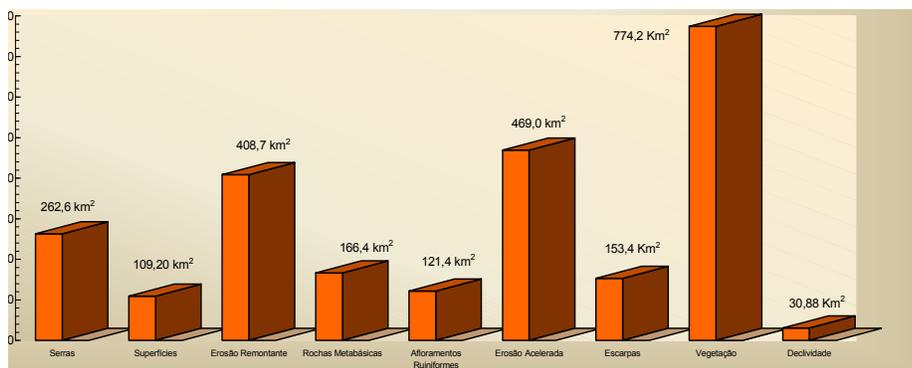


GRÁFICO 2

Dimensões espaciais dos geodificadores

5.1) Sistema Abiótico

O sistema abiótico compreende o sistema maior envolvendo todos os elementos responsáveis pela estruturação física da área, interagindo-se em suas relações de equilíbrio. Os elementos serão considerados como subsistema, demonstrando o mesmo funcionamento de conexão entre seus componentes.

5.1.1) Sub-Sistema Geológico

No caso específico do Planalto do Espinhaço, o subsistema geológico assume extrema relevância na organização das unidades funcionais, cujas feições retratam a seqüência de eventos tectônicos de diferentes intensidades em que a região esteve submetida.

Diante da complexidade das relações entre os elementos do subsistema geológico, resultantes da ocorrência de fenômenos ocorridos em longa escala temporal, procurou-se determinar variáveis espaciais de fácil identificação na paisagem de forma isolada ou associada à outra variável, como:

- ❖ Estrutura;
- ❖ Litologia.

A estrutura relaciona-se com a rede de fraturas existentes nos afloramentos rochosos e com os falhamentos, responsáveis pelas feições escarpadas na paisagem.

A litologia refere-se aos afloramentos rochosos de rochas quartzíticas que dão suporte as unidades serranas e aos afloramentos de rochas metabásicas, ocorrentes com menores grandezas espaciais na superfície cimeira.

Os afloramentos rochosos apresentam-se fisionomicamente diversos na paisagem, em função de seu caráter estrutural, evidenciando diferentes graus de deformação:

- ❖ Afloramentos rochosos com estrutura ruiformes (elevado grau de deformação);
- ❖ Afloramentos rochosos com estrutura conservada (baixo grau de deformação).

Os afloramentos rochosos, principalmente aqueles com estrutura ruiformes, desempenham importantes funções hidrológicas e ecossistêmicas, em razão da densidade de sua rede de fraturas. Essas funções se traduzem pela facilidade de infiltração do escoamento pluvial nos interstícios da rocha, conferindo aos afloramentos a condição de zonas de recarga de aquífero alimentadoras dos escoamentos superficiais e subsuperficiais. A presença de água nos interstícios das rochas favorece o intemperismo e o aparecimento de espécies endêmicas da flora e da fauna típicas da tipologia vegetal de campo rupestre, natural nesses ambientes frágeis e agressivos. Além dessas características, os afloramentos rochosos funcionam como elementos mantenedores de registros da ocupação antropogênica em épocas da pré-história, se constituindo em importante patrimônio paleontológico e arqueológico da região.

Outra função relevante, desempenhada pelos afloramentos litológicos, refere-se aos diques de rochas metabásicas aflorantes na superfície. Esses diques dão suporte aos ecossistemas florestais, que sobressaem na paisagem em meio aos ecossistemas campestres, se traduzindo em uma característica peculiar do Planalto do Espinhaço.

5.1.2) Sub-Sistema Geomorfológico

No subsistema geomorfológico foram selecionadas as variáveis espaciais associadas à geometria e aos processos dinâmicos, como:

- ❖ Forma;
- ❖ Declividade;
- ❖ Processos dinâmicos.

Encontram-se associadas à forma as unidades serranas e os fragmentos remanescentes de superfície de aplanamento com seus depósitos arenosos. As serras, consideradas como geoindicadoras de fragilidade, possuem importância singular na paisagem, destacando-se elementos que as individualizam e que guardam registros relacionados aos processos evolutivos da paisagem e de ocupação antropogênica, em período pré-histórico.

Por estarem em níveis altimétricos mais elevados na região, as unidades serranas representam o início das relações de equilíbrio entre os componentes do sistema, receptando a água de chuva por meio de sua rede de fraturas e transferindo-a para as unidades inferiores.

As unidades serranas encontram-se circunscritas em meio aos fragmentos de superfície de aplanamento, mantendo-se conectadas com essas feições residuais, em suas funções hidrológicas. Na base dos afloramentos, normalmente ocorrem depósitos coluviais recentes, constituindo-se em fontes dispersoras do fluxo d'água infiltrado na rede de fraturas dos afloramentos, dando continuidade à uma seqüência encadeante de processos envolvidos.

O conjunto dessas duas variáveis espaciais indica a ocorrência de uma rede organizada de elementos bióticos e abióticos, configurando sítios preservados (área core ¹.) no interior da superfície cimeira, distantes das áreas submetidas aos processos antropogênicos e de dinâmica natural de evolução das vertentes. Essas variáveis geoindicadoras de fragilidade foram analisadas e mensuradas em conjunto, estudando o grau de proximidade, ou seja, quando menor a proximidade entre os elementos, maior será sua expressividade como

¹ A “área core” é considerada por Sotchava (1977) como zona equipotencial em relação às potencialidades ecológicas existentes.

geoindicadora de áreas de fragilidade ambiental, recebendo pesos adequados ao seu alto grau de relevância ambiental.

Outro aspecto, distinto na paisagem das superfícies planas é a ocorrência localizada de espécies de sempre-vivas destinadas à comercialização nas regiões circunvizinhas.

A variável declividade representa o elemento ligado ao aspecto geométrico da forma, se constituindo em uma variável espacial dependente, sendo analisada em conjunto com outras variáveis que, em seu conjunto, definem condições de fragilidade. Foram selecionadas como geoindicadoras de fragilidade as superfícies extremamente planas, com declives variando de 0° a 3°, indicando a existência de superfícies de aplanamento reliquias, preservadas da atuação incisiva dos processos desnudacionais; as superfícies íngremes, com declives acima de 45°, por sua indicação de possível ocorrência de desmoronamentos e escorregamentos e de ecossistemas específicos, são enquadradas como Áreas de Preservação Permanente (APPs).

Agregados aos processos dinâmicos da paisagem encontram-se os processos morfogenéticos de erosão acelerada e remontante. A importância da análise desses processos morfogenéticos como geoindicadores de áreas de fragilidade, está na sua condição de demonstrar a dinâmica da paisagem, seja pelos processos naturais de evolução, ou pelos processos explícitos como respostas à pressão antropogênica, gerando formas proeminentes de erosão acelerada como as voçorocas.

Os processos de erosão acelerada foram concebidos com base na análise das áreas susceptíveis à erosão demonstradas no Mapa de Susceptibilidade Erosiva das Formações Superficiais. Na determinação da susceptibilidade erosiva foram incorporadas variáveis como declividade, densidade hidrográfica, forma da vertente, erodibilidade dos solos e uso do solo e vegetação.

As áreas geoindicadoras de fragilidade em relação à erosão acelerada foram consideradas como sendo as áreas indicadas como alta susceptibilidade erosiva no Mapa de Susceptibilidade Erosiva das Formações Superficiais.

Para análise dos processos de erosão remontante optou-se pela variável dinâmica fluvial erosiva, devido à fragilidade de determinadas bacias hidrográficas quando submetidas aos intensos processos de dissecação natural. Foram selecionadas as áreas caracterizadas pelo alto grau de desnivelamento topográfico como geoindicadoras de fragilidade, localizadas na sub-bacia do Rio Paraúna.

A análise da drenagem para subsidiar a seleção de áreas geoindicadoras de erosão acelerada, baseou-se no aspecto da intensidade de dissecação dos cursos d'água das bacias hidrográficas dos rios Paraúna, Jequitinhonha e Pardo Grande. Inicialmente realizaram-se os cálculos os índices de densidade hidrográfica desse conjunto de bacias hidrográficas, cujos resultados estão demonstrados na TAB 13 e, posteriormente os cálculos dos índices de dissecação, conforme demonstrado na TAB. 14.

TABELA 13
Densidade hidrográfica

Bacias Hidrográficas	Área Km2	Número Total de Cursos D'Água	Densidade Hidrográfica (N/Km2)
Rio Paraúna	1.171	2.468	2,10
Rio Jequitinhonha	1.204	840	0,69
Rio Pardo Grande	1.124	1.160	1,03

TABELA 14
Índice de dissecação

Bacias Hidrográficas	Densidade Hidrográfica (N/Km ²)	Amplitude Topográfica (m)	Índice de Dissecação
Rio Paraúna	2,10	910 x 1,45	1.319
Rio Jequitinhonha	0,69	850 x 0,83	705
Rio Pardo Grande	1,03	990 x 1,01	999

Em função dos resultados finais, esses diferentes graus de intensidade da dinâmica erosiva fluvial, foram traduzidos em baixo, médio e alto grau, conforme exemplificado TAB. 15.

TABELA 15

Intensidade da dinâmica fluvial erosiva

Bacias Hidrográficas	Grau de Intensidade da Dinâmica Fluvial Erosiva
Rio Paraúna	Alto
Rio Jequitinhonha	Baixo
Rio Pardo Grande	Médio

Sobre os resultados finais indicando a Bacia Hidrográfica do Rio Paraúna como detentora da forte atuação dos processos dinâmicos fluviais de esculturação da paisagem, selecionou-se as áreas com forte desnivelamento topográfico, onde os processos naturais de dissecação são mais atuantes.

5.2) Sistema Biótico

Dentre os elementos que norteiam os estudos da “Ecologia da Paisagem”, traduzidos pela composição, estrutura e funções dos fragmentos vegetais, será abordado nessa análise integrada de perspectiva geográfica, somente a dimensão espacial do fragmento vegetal (*patch*¹), a conexão dos fragmentos e o grau de proximidade entre os fragmentos.

¹ *Patch*: Fragmento vegetal remanescente da vegetação que ocupava maior espaço.

No sistema biótico a análise foi focada na estrutura da paisagem, visando determinar o padrão espacial e as variações dos fragmentos vegetais a partir do Mapa das Unidades da Paisagem.

A paisagem do Planalto do Espinhaço apresenta-se formada por fragmentos vegetais de diferentes tipologias sendo composta pelos subsistemas florestais, campestres e pelas zonas de conexão, representadas pelas matas galerias e ciliares. Todos esses subsistemas encontram-se inseridos em unidades da paisagem formadas por matrizes e mosaicos.

A individualização das unidades de matrizes e mosaicos permitiu a visualização da distribuição espacial dos fragmentos em função de suas características morfológicas, configurando-se em uma primeira etapa para seleção dos geoindicadores do meio biótico.

Nas matrizes estão incorporados os fragmentos com maiores dimensões espaciais, interconectados por corredores, apresentando configuração homogênea. Nos mosaicos, os fragmentos apresentam-se com menores dimensões espaciais, maior grau de isolamento e desconectados espacialmente, por áreas antropizadas, apresentando aspecto morfológico heterogêneo.

A partir da configuração espacial das unidades da paisagem, procedeu-se à seleção dos fragmentos florestais, arbustivos e campestres considerando as seguintes variáveis espaciais:

- ❖ Conectividade;
- ❖ Tamanho dos fragmentos;
- ❖ Grau de Isolamento.

Os fragmentos selecionados como geoindicadores de fragilidade referem-se, predominantemente aos fragmentos da floresta estacional semidecidual, de campo limpo e de cerrado (*sensu stricto*) que expressam

características representadas por: maior dimensão espacial, conexão e maior proximidade entre fragmentos vizinhos. Os fragmentos menores foram selecionados quando se apresentavam conectados por corredores com os fragmentos maiores.

A proporção dos fragmentos selecionados encontra-se representada no GRÁFICO 3 e na TAB 16.

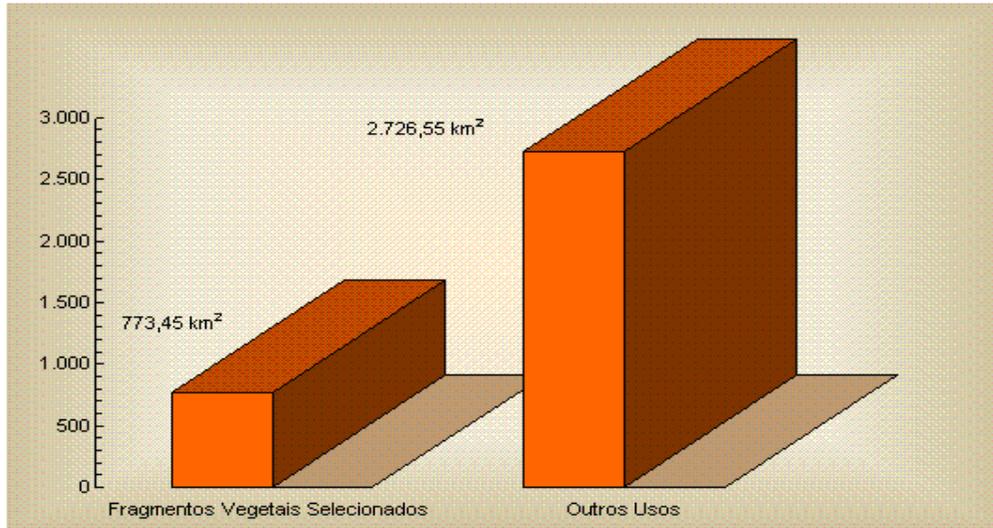


TABELA 16
Proporção espacial dos fragmentos vegetacionais selecionados como geoindicadores

Fragmentos Vegetais Selecionados	Outros Usos
773,45	2.726,55
22,10%	77,90%

CAPÍTULO 6

ÁREAS DE FRAGILIDADE AMBIENTAL

6.1) Cenário Atual

Os resultados demonstrados pelo Mapa de Fragilidade Ambiental indicam que as áreas frágeis encontram-se distribuídas em toda região, em função da diversidade e da extensão espacial dos geoindicadores escolhidos, expressos, de forma incontestável, os valores ecológicos da área estudada.

As áreas mantenedoras de sistemas frágeis se apresentam com graus diferenciados de fragilidade, conforme a justaposição dos geoindicadores selecionados, apresentando dimensões espaciais diferenciadas, conforme pode ser observado no GRÁFICO 4 .

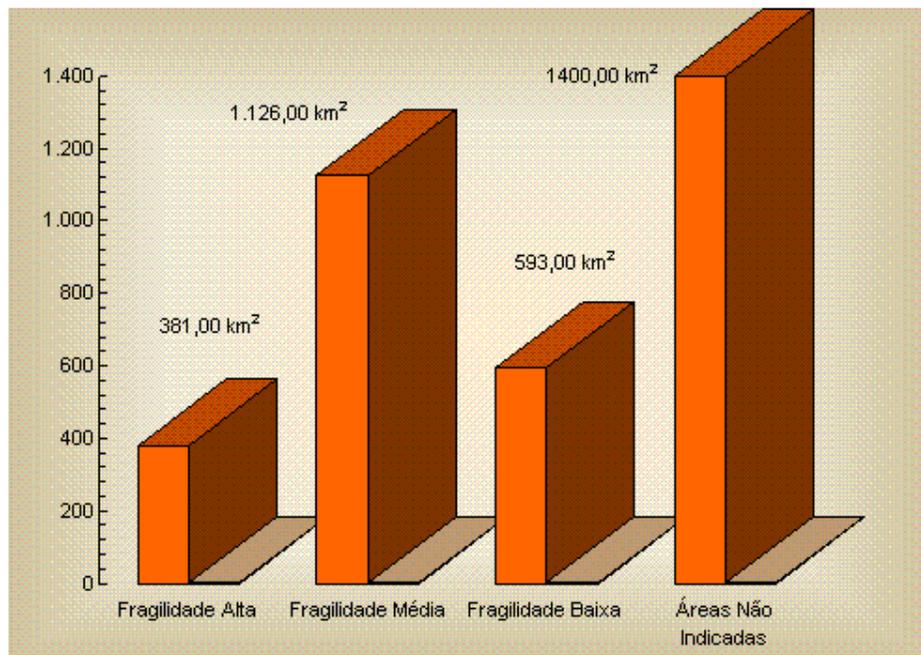


GRÁFICO 4 - Dimensões espaciais abrangidas pelas áreas de fragilidade ambiental com diferentes graus de fragilidade

TABELA 17

Proporção espacial abrangida pelas áreas com graus diferenciados de fragilidade.

Fragmentos de Superfície	Fragilidade Alta	Fragilidade Média	Fragilidade Baixa	Áreas Não Indicadas
Superfície (km ²)	381,00	1.126,00	593,00	1.400,00
Porcentagem (%)	10,89%	32,17%	16,94%	40,00%

As áreas com baixo, médio e altos graus de fragilidade totalizam 40 % da superfície total da área em estudo, significando a fragilidade do sistema serrano analisado.

As áreas indicadas como de alta fragilidade predominam na Unidade Morfoestrutural das Áreas Aplanadas, equivalendo-se aos fragmentos de superfícies intramontanas, abrangendo 90% da superfície total, aos relevos residuais representados pelas serras quartzíticas, principalmente aquelas da região de Datas e os afloramentos ruiniformes, abrangendo 40% da superfície total.

Os relevos residuais foram, em sua maioria, considerados como de alto e médio grau de fragilidade, abrangendo, respectivamente 20% e 80% de sua superfície. A fragilidade desses alinhamentos serranos indica a necessidade de conservação de seus recursos paisagísticos e o desenvolvimento de pesquisas científicas, voltadas para o conhecimento do patrimônio arqueológico e paleontológico existente.

Os afloramentos rochosos ruiniformes que circunscrevem os fragmentos de superfície de aplanamento foram considerados de fragilidade média, equivalendo-se a 60% da superfície da Unidade Morfoestrutural das Áreas Aplanadas. Os resultados quantitativos decorrentes da análise qualitativa indicam que esses sistemas em equilíbrio merecem atenção especial, não só quanto à adoção de práticas conservacionistas, como também quanto ao seu potencial de uso turístico, explorando a beleza cênica da paisagem.

Outro subsistema considerado frágil tendo, aproximadamente 55 % de sua superfície total indicada com de médio e alto grau de fragilidade, está representado pelos afloramentos de rochas metabásicas ocorrentes em quase toda região, condicionando a existência de um ecossistema florestal, responsável pela conexão entre fragmentos vegetacionais. A importância de conservação desses ecossistemas sustentados pela litologia está direcionada para o equilíbrio entre as práticas conservacionistas de proteção aos solos, susceptíveis à erosão, e a manutenção e recuperação dos habitats florestais, para sustentação no processo de fragmentação da paisagem.

Os fragmentos vegetais ocorrentes na região, , foram considerados como de fragilidade elevada, tendo graus médio e alto, respectivamente equivalentes a 70% e a 40% de sua superfície total. Predominam os fragmentos da floresta estacional semidecidual e de campo limpo interligados por matas galerias. Esses geoindicadores do meio biótico condicionam a fragilidade de suas áreas de ocorrência localizadas na superfície aplanada e nos terrenos declivosos do vale do Rio Jequitinhonha.

Com relevância secundária, relacionada às condições de fragilidade adotada nesse estudo que integra as condições ecológicas, porém importante no contexto ambiental por seu potencial de perda de solos agriculturáveis e de assoreamento dos recursos hídricos, encontram-se as áreas susceptíveis às erosões, localizadas na Depressão de Gouveia. Esses terrenos foram indicados, em sua maioria, com baixo grau de fragilidade abrangendo 70% de seu espaço. Os 30% de sua superfície restante, composta pelos latossolos vermelhos associados aos afloramentos de rochas metabásicas, foram considerados como de médio e alto grau de fragilidade, indicando a necessidade de implantação de práticas de recuperação e monitoramento das erosões.

As áreas submetidas ao processo de erosão remontante, correspondentes às cabeceiras de drenagem do Ribeirão do Chiqueiro e afluentes, bem como dos córregos Sepultura, Contagem, Limoeiro e de outros pequenos afluentes do Rio Paraúna, foram indicadas com de alto e médio grau

de fragilidade, abrangendo 90% de sua superfície. Essas áreas encontram-se protegidas por cobertura vegetal que funcionam como elemento regulador de seu equilíbrio dinâmico. Apesar da dificuldade de acesso, devido ao alto gradiente das vertentes, torna-se fundamental o monitoramento quanto à implantação de atividades antrópicas, cujas pressões podem acelerar, de forma desequilibrada, a dinâmica natural de evolução do relevo.

Outras feições da paisagem com baixo grau de fragilidade, abrangendo 90% de suas extensões espaciais, referem-se aos escarpamentos que circunscrevem a Depressão de Gouveia e entrecortam o Vale do Rio Jequitinhonha. A fragilidade, denotada pela ocorrência de falhas e de contatos litológicos, impõe a essas áreas a necessidade de implantação de medidas de controle, quanto ao uso antropogênico, responsável pela alteração da cobertura vegetal que funciona como anteparo aos processos erosivos nessas zonas de fraqueza.

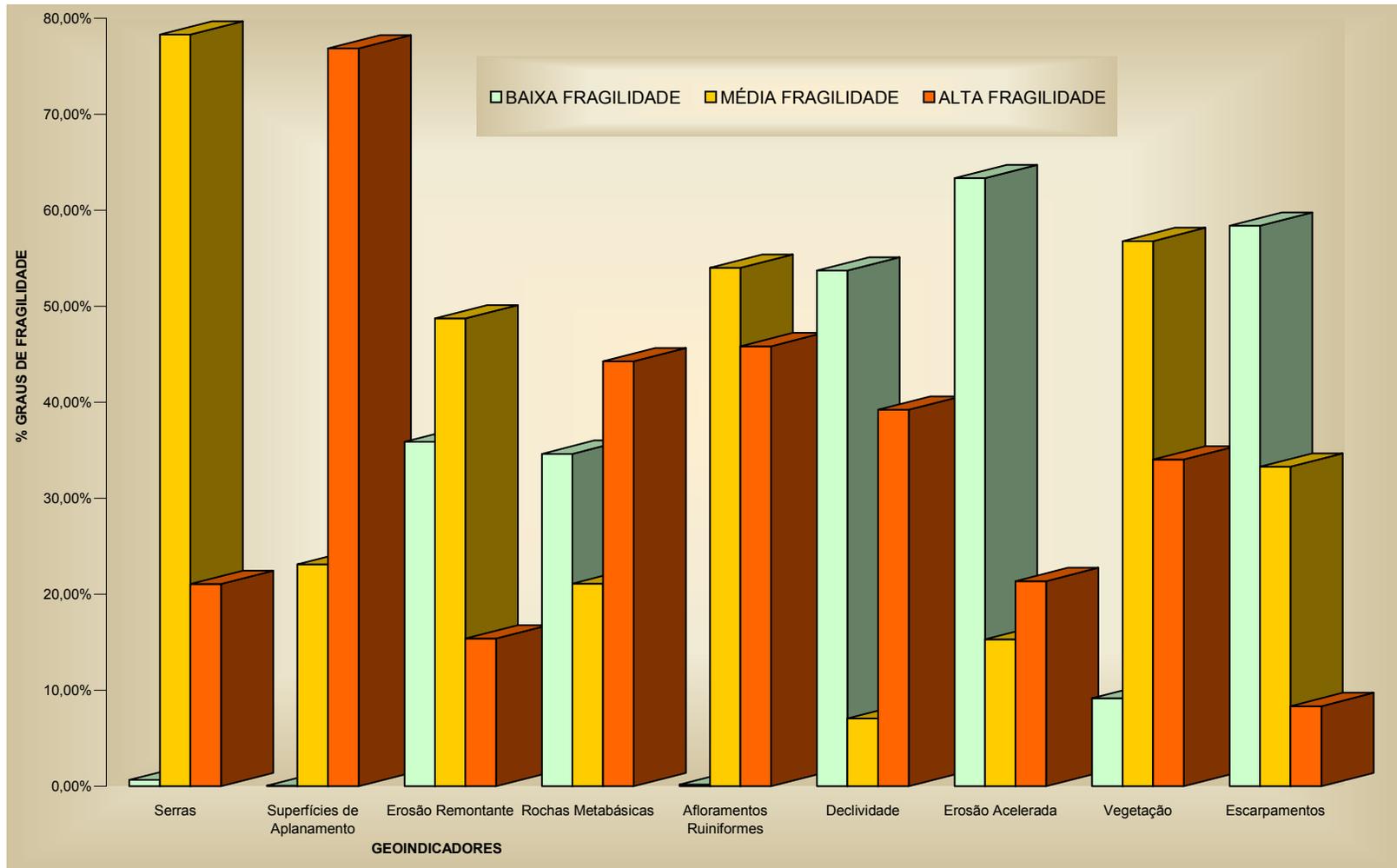


GRÁFICO 5 – Proporção das áreas de fragilidades em relação aos geoindicadores

6.2) Pressões Antropogênicas

As pressões exercidas pelas atividades antropogênicas foram classificadas face à fragilidade dos ambientes de inserção, a abrangência espacial da atividade e as transformações geradas, resultando nos seguintes critérios de avaliação: reduzida, moderada e intensa, conforme descrito no QUADRO 17.

As pressões identificadas estão representadas, em sua maioria, pelos usos vocacionais da região, modificadores da paisagem, traduzidos pelas seguintes atividades:

- ❖ Agrícolas;
- ❖ Pastoreio Bovino;
- ❖ Práticas de Reflorestamento com espécies exóticas;
- ❖ Extrativas;
- ❖ Expansão Urbana.

QUADRO 17
Classificação das pressões antropogênicas

PRESSÕES ANTROPOGÊNICAS	MUDANÇAS AMBIENTAIS	CLASSIFICAÇÃO
Atividades de extração de areia para a construção civil, exercida nas coberturas superficiais arenosas	Exposição dos solos aos processos erosivos	Reduzida
Expansão Urbana	Ocupação em áreas impróprias	Reduzida
Práticas de reflorestamento com espécies exóticas	Fragmentação da paisagem com extinção de espécies da fauna e da flora	Moderada
Atividades agrícolas exercidas nas margens dos cursos d'água	Fragmentação dos corredores florestais, interferindo nos fluxos biológicos e hídricos	Moderada
Atividades agrícolas de grande expressão exercida na porção oeste da área	Aumento da fragmentação da paisagem devido ao desmatamento de áreas florestadas.	Moderada
Pastoreio bovino exercido de forma inadequada na Depressão de Gouveia	Desenvolvimento e aceleração dos processos erosivos	Intensa
Atividades garimpeiras para extração de diamante nos cursos d'água	Alteração da morfologia do canal fluvial e aumento significativo de sólidos sedimentáveis	Intensa
Atividade minerária de extração de quartzo	Alteração das feições morfológicas da paisagem, descaracterizando as formações residuais	Intensa

6.3) Plano de Ações

Objetivando atingir a melhoria da qualidade ambiental da região, tendo como princípio a compatibilização das limitações e potencialidades dos sistemas frágeis com o uso antropogênico, elaborou-se um plano de ações, composto por um conjunto de ações gerais voltadas para o disciplinamento do uso dos recursos naturais nas áreas indicadas como de fragilidade ambiental, constituindo-se em um instrumento de apoio e orientação à gestão ambiental da área.

Para tanto, sugere-se as seguintes ações:

- ❖ Adotar mecanismos de proteção do patrimônio paleontológico e arqueológico das unidades serranas;
- ❖ Desenvolver pesquisa nos sítios paleontológicos e arqueológicos nas unidades serranas e dos afloramentos rochosos;
- ❖ Implantar atividades de turismo ecológico nas unidades serranas com a criação de pontos de observação e trilhas, baseadas em técnicas de acesso de baixo impacto sobre os sistemas frágeis;
- ❖ Criar Reservas Particulares do Patrimônio Natural;
- ❖ Desenvolver pesquisa detalhada dos aspectos ecológicos das áreas indicadas como de alta fragilidade visando a criação e implantação de unidades de conservação de proteção integral;
- ❖ Elaborar projetos que subsidiem a criação de reservas legais em áreas contíguas, favorecendo a proteção, ampliação e interligação dos fragmentos vegetais;
- ❖ Elaborar planos de recuperação dos corredores, promovendo sua continuidade e interligação dos fragmentos vegetacionais;
- ❖ Estabelecer práticas de manejo conservacionistas para as atividades antrópicas que promovam a redução dos fragmentos vegetacionais inseridos nas áreas de fragilidade;
- ❖ Implantar práticas de reflorestamento com espécies nativas visando o adensamento dos fragmentos vegetacionais e a recomposição florística nas áreas identificadas como mosaicos no Mapa das Unidades da Paisagem;
- ❖ Controlar o uso antropogênico sobre terrenos de média e alta fragilidade das cabeceiras de drenagem dos cursos d'água formadores da sub-bacia do Córrego Paraúna.;
- ❖ Estabelecer medidas corretivas e de monitoração para a expansão de solos nus ocorrente na porção oeste da área;
- ❖ Implantar medidas quantitativas e qualitativas, visando o monitoramento da redução dos fragmentos vegetais;

- ❖ Evitar o desmatamento descontrolado para fins de expansão da agricultura cafeeira na porção oeste da área;
- ❖ Monitorar a evolução dos processos erosivos na região de Gouveia e adotar medidas de recuperação das erosões;
- ❖ Disciplinar as atividades pecuárias na Depressão de Gouveia de forma compatível com a vulnerabilidade erosiva de seus terrenos;
- ❖ Criar mecanismos de avaliação e monitoração sistemática das vazões e carga sólida dos cursos d'água integrantes da sub-bacia dos Ribeirões Chiqueiro e Areia;
- ❖ Estabelecer padrões de parcelamento do solo das áreas de expansão urbana de Datas, São João da Chapada e Gouveia de forma compatível com a fragilidade ambiental de suas áreas de ocorrência, com manutenção de baixas densidades de ocupação;
- ❖ Disciplinar, por meio da aplicação da Deliberação Normativa COPAM N° 03 de 02 de novembro de 1991 (FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, 2002), a exploração de areia para construção civil, nos arredores dos núcleos urbanos inseridos na área em estudo;
- ❖ Disciplinar, por meio da aplicação da Deliberação Normativa COPAM N° 29 de 09 de setembro de 1998 (FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, 2002), as atividades de extração de quartzo, para fundição na região de Gouveia, Datas e Presidente Kubitschek;
- ❖ Disciplinar, por meio da aplicação da Deliberação Normativa COPAM N° 29 de 09 de setembro de 1998 (FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, 2002), a atividade extrativa de manganês na região de Conselheiro Mata;
- ❖ Disciplinar, por meio da aplicação da Deliberação Normativa COPAM N° 22 de 29 de julho de 1997 (FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, 2002), a lavra garimpeira de diamante no Rio Jequitinhonha e no Rio Pinheiro e Ribeirão do Inferno.

6.4) Ensaio Sobre Atributos de Valoração Econômica

Ao se tratar das questões sobre valoração econômica dos componentes da paisagem, pretende-se estabelecer no âmbito dessa pesquisa, um ensaio sobre os atributos relevantes para futura aplicação de valores monetários direcionados às intervenções econômicas resultantes de impasses ambientais de difícil solução.

A partir da identificação dos usos vocacionais da área em foco e da classificação, quanto às pressões exercidas sobre os sistemas ecológicos, selecionaram-se as pressões antropogênicas, consideradas como intensificadas sobre as unidades individualizadas em níveis de fragilidade, conforme demonstrado na QUADRO 18.

QUADRO 18
Seleção das atividades antropogênicas que exercem pressões intensificadas sobre as áreas de fragilidade.

PRESSÕES ANтропоГÊNICAS	NÍVEIS DE CLASSIFICAÇÃO	GRAUS DE FRAGILIDADE
Pastoreio bovino exercido de forma inadequada na Depressão de Gouveia	Intensa	Fraca e Média
Atividades garimpeiras para extração de diamante e ouro nos cursos d'água.	Intensa	Média e Alta
Atividade minerária de extração de quartzo para fundição.	Intensa	Média e Alta

No contexto da região em estudo, as áreas destinadas à proteção integral de seus recursos ecológicos referem-se às unidades sistêmicas constituídas por serras e afloramento rochosos, associados aos campos rupestres, entremeados por coberturas coluviais mantenedoras de habitats campestres.

Para determinação do valor ecológico, procurou-se estabelecer a justaposição entre os resultados das análises derivadas desse estudo e os critérios definidos por PERARCE et al (1989) citados por CHISTOFOLETTI (1999), que identificam as variáveis econômicas correspondentes ao:

- ❖ Valor do Uso Real;
- ❖ Valor da Opção;
- ❖ Valor da Existência.

Segundo os autores, o somatório das três variáveis resulta no **valor econômico total**.

Sugere-se que o **valor do uso real**, referindo-se aqueles que fazem uso das potencialidades ambientais, seja o montante de recursos financeiros envolvidos nas atividades que exercem pressões intensas sobre as áreas de fragilidade alta como as atividades pastoris e extrativas.

O **valor da opção** corresponde ao valor destinado à proteção dos recursos ambientais visando o manejo sustentável, poderia ser mensurável por meio do cálculo do valor de 0,5% do montante total de recursos envolvidos nas atividades econômicas que exercem pressões intensas sobre os sistemas frágeis, aos moldes do estabelecido no Art. 38 da LEI Nº 9.985 de 18 de julho de 2000 (FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, 2002) que estabelecem a parcela de 0,5% do valor total do empreendimento, destinado à criação e implantação de unidade de conservação de uso sustentável.

O **valor da existência** refere-se ao valor destinado à preservação dos recursos ecológicos disponíveis, representando o bem público que necessita de proteção por meio de ação governamental. Nesse caso, sugere-se o estabelecimento de índices representativos de fragilidade das áreas definidas nesse estudo, que poderiam ser equacionados juntos aos custos financeiros necessários à desapropriação dos terrenos.

As práticas de aplicação de métodos de valoração econômicas recomendadas se configuram em um delineamento metodológico inicial, traduzido pelas diretrizes básicas, oriundas do contexto ambiental apresentado pelas áreas de fragilidade. As sugestões sobre os métodos quantitativos

econômicos requerem a realização posterior de estudos detalhados e específicos, pertinentes aos setores da economia ambiental.

CAPÍTULO 7

CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

7.1) Considerações

Várias questões podem ser discutidas relacionadas ao tema abordado, porém não se pretende elaborar uma ampla revisão dos problemas encontrados e sim algumas considerações sobre os aspectos essencialmente importantes, no que se refere a:

- Conceitos adotados para definição de geoindicadores;
- Técnicas e métodos aplicados
- Resultados obtidos.

Ao se analisar as questões conceituais relacionadas aos geoindicadores, observaram que os autores mantêm uma preocupação em apresentar conceitos e descrever as potencialidades de sua aplicação. Nesse contexto, ressalta-se a relevância da aplicação do método de definição dos geoindicadores na indicação de áreas de fragilidade, facilitando o emprego de métodos quantitativos e a avaliação integrada dos elementos componentes do sistema analisado.

Os resultados obtidos nessa dissertação consolidam as reais potencialidades ecológicas da região estudada. As áreas indicadas com graus elevados de fragilidade configuram sistemas dotados de características peculiares, diretamente percebidas no espaço. Os elementos mais complexos da região, representados pelas unidades serranas, apesar de resistirem à atuação de processos desnudacionais, se mantêm em delicado estado de equilíbrio dinâmico com os demais componentes abióticos e bióticos, exibindo um conjunto feições de beleza cênica ímpar, conferindo à paisagem um tratamento especial.

No tocante aos procedimentos técnicos e metodológicos adotados para o desenvolvimento do tema, foram detectados alguns problemas quanto

às escalas das informações temáticas espacializadas, a dimensão da área em estudo, bem como quanto ao formato digital dos dados temáticos e aos recursos técnicos utilizados.

Apesar de a região escolhida deter grande número de informações temáticas, uma questão fundamental foi o confronto entre as escalas adotadas e de análises das informações obtidas. Por um lado, o volumoso número de informações, em maior nível de detalhe, de abrangência localizada, dificultando sua utilização no âmbito regional necessário a essa abordagem. Por outro, as informações temáticas, apresentadas em nível regional, extrapolando o dimensionamento das informações adotado nessa pesquisa.

Outro componente complicador, relacionado ao tema foi à extensão da área em estudo, dificultando, em alguns casos, o detalhamento exigido para definição de geoindicadores. As investigações em áreas com menores dimensões espaciais poderiam ser mais aprofundadas. A lacuna de informações temáticas, identificada nessa pesquisa, poderia ser superada com o desenvolvimento de estudos detalhados, voltados para o conhecimento das funções e relações existentes entre os componentes do geossistema.

Algumas informações cartográficas foram elaboradas em formato digital diferenciado do utilizado nessa pesquisa, exigindo o conhecimento de técnica específica para adequação dos dados digitais e maior disponibilidade de tempo, para sua execução.

A aplicação da técnica de interpretação de imagem de satélite para seleção dos geoindicadores apresentou alguns obstáculos que ocasionaram na utilização de métodos alternativos para sua solução. O acentuado índice de cobertura de nuvens, na região de Gouveia, dificultou a interpretação de alguns elementos temáticos como os focos erosivos, resultando na adoção de procedimentos metodológicos alternativos para definição da susceptibilidade erosiva da região. No entanto, esses produtos servirão de ponto de partida para futuros estudos detalhados sobre erosão.

Ao longo do desenvolvimento da pesquisa, tornou-se necessário a adoção de alguns procedimentos técnicos alternativos como a utilização de softwares não adaptados à aplicabilidade exigida pelo tema voltada para aplicação dos métodos quantitativos na análise da ecologia da paisagem.

As questões, com implicações diretas nos resultados finais, foram de ordem metodológica, traduzida pela preponderância, sobre as demais, da variável declividade, resultando na indicação de extensas áreas de fragilidade, com diferentes graus de fragilidade.

Outro fator relevante nesse estudo originou-se da aplicação de metodologia de valoração econômica para as áreas de fragilidade, com o objetivando o avanço em direção às questões de impasses ecológicos, face à implantação de atividades econômicas, comumente presentes na gestão ambiental. Mesmo tratando-se de um esboço metodológico observou-se uma série de problemas relacionados à complexidade do tema e à insuficiência de métodos e de pesquisas focadas para valoração econômica dos sistemas ecológicos, localizados em áreas não urbanas.

Os resultados finais foram obtidos por meio de duas importantes simulações. A primeira referiu-se à sobreposição dos mapas temáticos, contendo os geindicadores sem o vínculo quantitativo, resultando em um mapa síntese que expressava os polígonos derivados da união das informações temáticas espaciais, sem demonstrar graus distintos de fragilidade. A segunda simulação, adotada como definitiva na pesquisa, foi o estabelecimento de pesos específicos para os geindicadores, decorrendo em um mapa síntese contendo áreas com graus diferenciados de fragilidade.

Procurando abordar os resultados da pesquisa, de caráter essencialmente positivo, está à riqueza do banco de dados geoprocessados de todos os temas abordados, podendo subsidiar projetos futuros sobre a questão ambiental, gerar outras informações, dar suporte à tomada de decisões sobre as áreas de fragilidade.

7.2) Recomendações Finais

Diversas recomendações resultam do estudo ora desenvolvido como a necessidade de informações temáticas complementares, seguindo um delineamento experimental comum, objetivando efetivar a interdisciplinaridade da pesquisa e a formação de um conjunto denso de dados temáticos, relevantes para a melhoria da qualidade ambiental da paisagem estudada, podendo ser citadas:

- ❖ Aprimoramento de técnicas detalhadas de análise quantitativa das informações espaciais, derivadas da aplicação do método da ecologia da paisagem, por meio da utilização do programa¹Fragstats;
- ❖ Desenvolvimento de investigações científicas que determinem as¹relações entre o padrão de biodiversidade e as características dos fragmentos como tamanho, tipo de matriz e conectividade florestal;
- ❖ Desenvolvimento de pesquisas voltadas para determinação de indicadores de biodiversidade;
- ❖ Desenvolvimento de pesquisas que determinem espécies indicadoras da integridade do sistema hidrófilo das matas ciliares, propondo programas de monitoramento contínuo do sistema linear e a recuperação das comunidades vegetais ribeirinhas;
- ❖ Aprimoramento de pesquisas relacionadas à erosão, voltadas para o mapeamento dos focos erosivos no âmbito regional;

¹ Fragstats: Programa de geoprocessamento destinado à quantificação espacial dos fragmentos florestal.

- ❖ Aprimoramento de pesquisas detalhadas e integradas, direcionadas à indicação de geoindicadores que expressem a fragilidade dos sistemas ecológicos;
- ❖ Aprimoramento de métodos voltados para valoração econômica dos sistemas ecológicos;
- ❖ Desenvolvimento de pesquisas na área ambiental que possam utilizar o banco de dados geoprocessados, elaborado nesse estudo.

BIBLIOGRAFIA

AB'SABER, O suporte geocológico das florestas beiradeiras (ciliares).In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo/Faesp, 2000. p.15-25.

ADRIANSEE, A. **Environmental policy performance indicators a study on the development of indicators for environmental policy in the Netherlands**. The Hague: Netherlands Ministry of Housing. Spatial Planning and the Environment, 1993.175 p.

AHLQVIST, O. et al. Sustainable landscapes. In: Annual Report 1997 of Rese Project 1997.10.12. Edited by Helle Skanes, HTML by Wolter Arnberg, 1997.

ALKMIM, F.F. O anticlinório de Gouveia: exemplo de uma culminação antiformal nucleada pelo embasamento. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 8, 1995, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBG Núcleo MG, 1995. p.1-2.

ARANHA, P. R. A. **Estudo das coberturas superficiais e sua dinâmica na região de Gouveia, Serra do Espinhaço, MG**: utilizando o radar de penetração no solo (GPR). 2002. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Geologia.

ARNOLD, M. et al. Introducción a los conceptos básicos de la teoria general de sistemas. Chile: Facultad de Ciencias Sociales/Universidad de Chile, 1998. Cinta de Moebio, 3.

AUGUSTIN, C.H.R.R. Aspectos geomorfológicos da região de Gouveia, espinhaço meridional, MG. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 8, 1995, Belo Horizonte. **Anais....** Belo Horizonte: SBG Núcleo MG, 1995. p.3-4.

BARBOSA, V.C.C. **Análise dos processos de erosão laminar e em Ravina sob diferentes condições de cobertura de solo e micro-topografia, na Bacia do Córrego do Quebra, Gouveia/MG**: um ensaio sobre o método de medida da micro-topografia aplicado ao estudo do processo erosivo. 2004. Dissertação (Mestrado em Geografia e Análise Ambiental) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências.

BARREDO, J. I. **Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ondernación del território**. Madrid: RA-MA, 1996.

BEROUTCHACHVILI, N.; BERTRAND, G. Lê géosysteme ou "système territorial natural". Revue **Geographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**,Toulouse,v. 49, n.2, p.181 – 198, 1978.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba. Livros Ceres. 1985. 392 p.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global**: esboço metodológico. São Paulo: IGEOG – USP, 1971. 27 p. (Caderno de Ciência da Terra, 13)

BOSQUE, J et al. **Sistemas de informacion geográfica**: prácticas com PC ARC/INFO e IDRISI. Madrid: RA-MA, 1994.

BRADLEY, T.; HAMOND, H. **Practical methodology for landscape analysis and zoning**. [s.l]: Silva Forest Foudation, 1993. 38 p. Disponível em: <<http://www.silvator.org/publications/library/docs/landscape%20analisis%20met hodology.pdf>. Acesso em: maio 2004.

BROWN JR., K.S. Insetos indicadores da história, composição, diversidade e integridade de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.) **Matas ciliares**: conservação e recuperação. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo/FAESP, 2000. p. 223-232.

CHORLEY, R.J.; KENNEDY, B.A. **Physical geography**: a systems approach. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1971.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1974.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

COLTRINARI, L. **Mudanças ambientais globais e geoindicadores**. São Paulo: Departamento de Geografia/USP, 2001. 9p. No prelo.

COLTRINARI, L. Natural and anthropogenic interactions in the Brazilian tropics. In: BERGER, Antony R.; IAMS, William J. (Ed.). **Geoindicators**: assessing rapid environmental changes in erth systems. Brookfield: A. A. Balkema & Rotterdam, 1996. p. 295-310.

COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS. **Projeto Espinhaço em CD-ROM**: geologia da folha de Diamantina, Minas Gerais. Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Recursos Minerais / Universidade Federal de Minas Gerais, 1997.

CORREIA, J.R. et. al. Influência de fatores edáficos na distribuição de espécies arbóreas em Matas de Galeria na região do Cerrado: uma revisão. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cerrado**: caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Planaltina-DF: Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2001. p.51-76.

DEMEK, J. The landscape as a geosystem. **Geoforum**, Oxford, v.9, n.1, p.29-34, 1978.

DINIZ, N. C. **A geo-environmental data base due to elaborate geoindicators scenarios of São Paulo State based on engineering**: geological criteria. São Paulo: Institute for Technological Research of São Paulo State, 2001. 9p. No prelo

DUERKSEN, C. J. et al. **Managing development for people and wildlife: a handbook for habitat protection by local governments**. Colorado: The Great Outdoors Colorado Trust Fund, 1996. 250 p.

DUSSIN, T.M. et. al. Idade do supergrupo Espinhaço: determinação ²⁰⁷PH/²⁰⁶ pelo método de evaporação do PB sobre monozircões de metavulcanitos sinsedimentares. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 8, 1995, Belo Horizonte. **Anais....** Belo Horizonte: SBG Núcleo MG, 1995. 11-13.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA Produções de Informações. 412 p.1999.

FORMAN, R.T.T. et al. **Landscape ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986. 620 p.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Projeto estudos integrados do Vale do Jequitinhonha**: relatório final de solos. Belo Horizonte: CETEC, 1980. v.5.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Diagnóstico ambiental do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CETEC, 1983. 1v. (Série de Publicações Técnicas, 10.).

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Inventário hidrelétrico da Bacia do Rio Doce**: caracterização ambiental da Bacia do Rio Doce: relatório final dos estudos de erosão acelerada. Belo Horizonte: CETEC, 1989.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Projeto São Francisco**. Belo Horizonte: CETEC, 1982.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Projeto estudos integrados do Vale do Jequitinhonha**: relatório final de solos. Belo Horizonte: CETEC, 1980. v.5.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios**: Coletânea de legislação ambiental. Belo Horizonte: FEAM, 2002. v.5.

GARAY, I.E.G.; DIAS, B.F. S. **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais**: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento. Petrópolis: Vozes, 2001.

GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do estado de Minas Gerais para reflorestamento**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa da Região do Cerrado, 1975. 65 p. il. (Série Técnica, 3).

GUEVARA & LABORDE. **Conservação da biodiversidade em paisagens fragmentadas no planalto atlântico de São Paulo**. 1993. Disponível em <http://www.cotianete.com.br/rmg/projeto_qe.htm_>.

GUPTA, A. **Ge indicadores for tropical urbanisation**. Leeds: Ed. School of Geography, University of Leeds, 2001. 9p. No prelo

HATCHER, R. L. Local indicators of sustainability: measuring the human ecosystem. In: NATH, B.; HENS, L.; DEVUYST, D. (Ed.). **Sustainable Development**. Brussels: VUP Press, 1996. p.81-203.

JACOMINE, P.K.T. Solos sob matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo/FAESP, 2000. p.27-31.

KING, L.C. A Geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, IBGE, Rio de Janeiro, ano18, n.2, p.147-265, 1956.

KOHLER, C.H. **A escala na análise geomorfológica**. 2002. Documento apresentado em mesa redonda sobre “O problema da Escala” – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Curso de Mestrado em Tratamento da Informação Espacial.

LESER, H. Problems of biotic compartments in geoecosystems. In: MARTIN LUTHER UNIVERSITÄT. **Landscape synthesis: foundations, classification and management**. Part I - Geocological foundations. Wissenschaftliche Beiträge: Hans Richeter and Günther Schönfelder, 1986. Cap. 3, p.43-51.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M.J. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo/FAESP, 2000. p. 33-343.

MARINHO FILHO, J.; GASTAL, M. L. Mamíferos das matas ciliares dos cerrados do Brasil Central. In: RODRIGUES, R.R; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo/FAESP, 2000. p. 209-221.

MCGARICAL, K. **Landscape dynamics & ecosystem management**. Massachusetts: University of Massachusetts, 1997.

MONTEIRO, C.A.F. Análises ambientais: perspectivas geográficas à interdisciplinaridade e problemas teórico-metodológicos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE MEIO AMBIENTE, 1, 1986, Recife. **Anais...** Recife, 1986.

MONTGOMERY WATSON. **Estudo sobre a poluição industrial e mineraria na bacia do Rio das Velhas**: relatório técnico final. Belo Horizonte, 1996. v.1.

MOREIRA, C.V.R. **Fatores condicionantes das voçorocas na sub-bacia do Rio Santo Antônio**: Bacia do Rio Grande – MG. 1992. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 4. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422 p.

OLIVEIRA, C.V.; DINIZ, A.D.; AUGUSTIN, C.H.R.R. Classes de solos e erosão na Região de Gouveia – MG: Espinhaço Meridional. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DOS SOLOS, 2003. Ribeirão Preto. **Anais...** São Paulo: SBCS, 2003.

ORTIZ, G.A. El paisaje como tema transversal el diseño curricular base (D.C.B.) de la educación obligatoria: la montaña como objeto de estudio. **Revista Bibliográfica de Geografía e Ciências**, Barcelona, n.267, páginas, jan. 2001.

RIBEIRO, J.F. et al. Fitofisionomias do bioma cerrado In: SANO, S. M. Almeida, S.P. (Ed.) **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA, 1998. p.87-166.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. As matas galeria no contexto do bioma Cerrado. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina-DF: Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2001. p. 29- 45.

RIZZINI, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos sociológicos e florísticos**. São Paulo: Hucitec/USP, 1979. v.2.

RIVAS, K. et al. Geomorphological indicators for environmental impact assessment: consumable and non: consumable geomorphological resources. **Geomorphology**, London, v.18, n.3-4, p.169-182, jun. 1996.

RIZZINI, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos sociológicos e florísticos**. São Paulo: Hucitec/USP, 1979. v.2.

RODRIGUES, R.R. Florestas ciliares? uma discussão nomenclatural das formações ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo/FAESP, 2000. p.91-99.

RUZICKA, M.M. Development trends in landscape ecology. **Ekologia**, Bratislava, v.15, n.4, p.361-367, 1996.

SAADI, A. A Geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens. **Geonomos: Revista de Geociências**, Belo Horizonte, v.3, n.1, p.41-63, 1995.

SAUNDERS, D.A.; RIBEIRA, C.P. Values of corridors to avian population in fragmented landscape. In: SAUNDERS, D.A.; HOBBS, R.J. (Ed.). **Nature conservation 2: the role of corridors**. Chipping Norton: Surrey Beatty, 1991. p.221-240.

SHUMM, Stanley A. **The fluvial system**. New York: John Wiley & Sons, 1977.

SILVA, W.R.S.; VIELLIARD, J. Avifauna de mata ciliar. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo/FAESP, 2000. p. 169-185.

SIMÕES, S.J. **Ge indicadores ambientais: conceitos e aplicações.** Guaratinguetá: Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 1999.

SOTCHAVA, V.B. **Método em questão. O estudo de geossistema.** Traduzido por Carlos Augusto Figueiredo Monteiro e Dora de Amarante Romariz, São Paulo: IG-USP, 1977.

SOULÉ, M.E.; GILPIN, M.E. The theory of wildlife corridor capability. In: SAUDERS, D.A.; HOBBS, R.J. (Ed.), **Nature conservation 2: the role of corridors.** Chipping Norton: Surrey Beatty & Sons, 1991. p.3-8.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, 1977.

TRICART, Jean. **Paisagem e ecologia** – Rio Claro: UNESP, 1982. (Inter-facies escritos e documentos, 76).

TROLL, C. Landscape ecology: geocology and biogeoeconology: a terminological study. **Geoforum**, Oxford, v. 8, n.1, p. 43-46, 1971.

TROPPEMIR, H. Ecosistemas e geossistemas do Estado de São Paulo. **Geografia**, São Paulo, v.13, n.25, p.27-36, 1983.

VALADÃO, R.C. **Evolução de longo-termo do relevo do Brasil oriental: desnudação, superfície de aplanamento e soerguimento crustais.** 1998. 242 f. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal.** Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123 p.

VINK, A. P. A. **Landscape ecology and land use.** Harlow: Logman Group, 1983.

WIDACKI, W. The three states of a functioning geosystem: optimal, critical, and catastrophic. In: In: MARTIN LUTHER UNIVERSITÄT. **Landscape synthesis: foundations, classification and management.** Part I - Geocological foundations. Wissenschaftliche Beiträge: Hans Richeter and Günther Schönfelder, 1986. Cap 12, p.156- 164.

AGRADECIMENTOS

Essa dissertação não poderia ser elaborada sem o apoio e a participação de um grande número de colegas de trabalho, amigos, professores e instituições, aos quais credito as discussões sobre o enfoque metodológico adotado na pesquisa e o dimensionamento das informações temáticas envolvidas.

Em particular cabe-nos agradecer:

a Prof^a Dr^a Cristina Helena Rocha Ribeiro Augustin, orientadora dessa dissertação, por ter acreditado na proposta de pesquisa que configura o cerne dessa dissertação e que extrapola, em alguns aspectos, os limites acadêmicos tradicionalmente adotados.

a Prof^a Dr^a Lylían Coltrinari, coorientadora dessa dissertação, por sua disponibilidade e sugestões valiosas, derivadas de seu profundo conhecimento sobre o tema abordado referente aos geoindicadores.

ao Prof^o Dr^o Roberto Célio Valadão, por sua disponibilidade em propor soluções aos impasses técnicos e metodológicos surgidos no decorrer da pesquisa.

a Prof^o Dr^o Charles Kohler, por sua disponibilidade e sugestões sobre a metodologia e conteúdo temático da pesquisa.

a Prof^a Dr^a Vilma Lúcia Macagnan Carvalho e ao Prof^o Pires de Lemos Filho, por suas participações e sugestões ocorridas nas etapas iniciais dessa pesquisa.

ao Prof^o Dr^o Paulo Aranha pelo fornecimento de informações de conteúdo temático relacionado aos processos erosivos na região de Gouveia.

a Isabel Cristina R. R. C. de Meneses, companheira no caminho escolhido para

o aperfeiçoamento profissional, por sua paciência, dedicação e ajuda em todas as etapas de desenvolvimento da pesquisa.

ao Polynice Rabello Mourão, por sua grande contribuição na manipulação dos dados digitais e no suporte à utilização da técnica de geoprocessamento, principalmente nos resultados finais.

a Ceres Rennó por sua preciosa colaboração no método para definição da susceptibilidade erosiva das formações superficiais.

a Valéria Cristina Chaves Babosa por sua coparticipação no desenvolvimento dos conteúdos temáticos contidos nessa pesquisa, principalmente, aqueles relacionados aos solos e a susceptibilidade erosiva das formações superficiais.

a Bernadete Silveira de Barros, por sua colaboração no quanto ao entendimento preciso das contribuições científicas expressas em línguas estrangeiras.

a Maria Carmen Aleixo pelas discussões informais sobre a escolha e aplicabilidade do tema, que muito influenciaram a abordagem adotada na pesquisa.

ao Luís Fernando Soares de Assis pelo fornecimento de referências bibliográficas que constam no rol internacional das pesquisas da atualidade.

ao Drº Wagner Geraldo da Silva - Coordenador de Desenvolvimento Mineral da Companhia de Desenvolvimento Mineral de Minas Gerais – CODEMIG e ao Jarbas Dias Sampaio – Geólogo da CODEMIG, pelas informações disponibilizadas e pela ajuda na aplicação da técnica de geoprocessamento.

ao Felipe Mourão Lavorato Rocha, Giovanni Diniz Moreira Galotti e Orlando de Sá Pereira Neto pela grande colaboração ao montarem a base de informações digitais dos títulos minerários do DNPM.

ao Mário Teixeira Rodrigues Bragança por sua colaboração quanto às informações práticas utilizadas no geoprocessamento.

a Mara Lúcia P. Nascimento por sua colaboração quanto às referências bibliográficas.

a Fundação Estadual do Meio Ambiente, nas pessoas de Cel. Ivon Borges Martins e José Silvério Martins Torres pela oportunidade de dedicação às atividades de pesquisa necessárias ao desenvolvimento dessa dissertação.

a Divisão de Geoprocessamento da FEAM pela disponibilidade dos equipamentos e Softwares, sem os quais tornaria difícil a realização dessa pesquisa.

ao Luiz Otávio Rujner Guimarães, Luiz Alberto R. Bernado e Adriano Dupin Rodrigues do setor de informática da FEAM, pelo interesse na solução dos problemas gerados nos equipamentos utilizados para o geoprocessamento.

ao Instituto de Geociências da UFMG pelo apoio técnico-científico.

ao Reginaldo e a Carolina pela colaboração nas etapas finais da dessa dissertação.

ao Renato e a Júnia pela elaboração do summary.

em especial à minha família: pai, tias, irmãos, cunhadas, queridas sobrinhas e amadas filhas pela compreensão, ajuda e incentivo em trilhar esse caminho, interrompido pela dor, de forma segura e serena em direção ao objetivo pretendido.