



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

**INPE-10293-TDI/912**

**SUBSÍDIOS PARA O PLANEJAMENTO EM ECOTURISMO NA  
REGIÃO DO MÉDIO RIO GRANDE, MINAS GERAIS,  
UTILIZANDO GEOPROCESSAMENTO E  
SENSORIAMENTO REMOTO**

Alda Monteiro Barbosa

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto,  
orientada pelos Drs. João Viane Soares e José Simeão de Medeiros, aprovada em  
22 de setembro de 2003.

INPE  
São José dos Campos  
2004

528.711.7 : 681.3.06 (815.1)

BARBOSA, A. M.

Subsídios para o planejamento em ecoturismo na região do médio Rio Grande, Minas Gerais, utilizando geoprocessamento e sensoriamento remoto / A. M.

Barbosa. – São José dos Campos: INPE, 2003.

249 p. – (INPE-10293-TDI/912).

1.Sistema de Informações Geográficas (SIG).  
2.Landsat 7. 3.Mapeamento temático. 4.Gerenciamento ambiental. 5. Paisagem. 6.Turismo. 7.Sensoriamento remoto. I.Título.

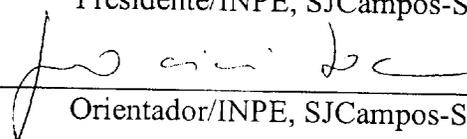
Aprovada pela Banca Examinadora em cumprimento a requisito exigido para a obtenção do Título de **Mestre em Sensoriamento Remoto.**

Dr. Paulo Veneziani



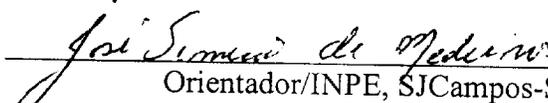
Presidente/INPE, SJCampos-SP

Dr. João Viane Soares



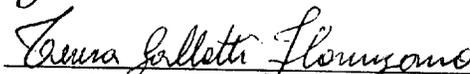
Orientador/INPE, SJCampos-SP

Dr. José Simeão de Medeiros



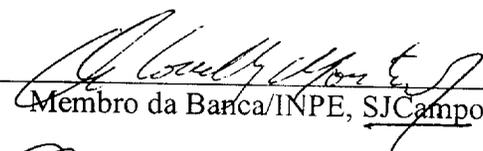
Orientador/INPE, SJCampos-SP

Dr<sup>a</sup> Teresa Gallotti Florenzano



Membro da Banca/INPE, SJCampos-SP

Dr. Antonio Miguel Vieira Monteiro



Membro da Banca/INPE, SJCampos-SP

Dr<sup>a</sup> Doris Van de Meene Ruschmann



Membro da Banca  
Convidada Universidade do Vale do Itajaí  
Balneário de Camboriú-SC

Candidata: Alda Monteiro Barbosa

São José dos Campos, 22 de setembro de 2003.



*“Sei que meu trabalho é uma gota no oceano,  
mas sem ele o oceano seria menor”.*

MADRE TERESA DE CALCUTÁ



A meus pais,  
**RAIMUNDO EXPEDITO MOTA BARBOSA** (*in memoriam*) e  
**MARIA ADELAIDE MONTEIRO BARBOSA** (*in memoriam*),  
à minha querida irmã, **ADÉLIA MONTEIRO BARBOSA** (*in memoriam*) e  
à minha pequena e doce sobrinha **EMANUELA BARBOSA PERDIGÃO** (*in memoriam*):  
meus exemplos de amor e sonho pela vida e  
que partiram conjunta e precocemente desta, me deixando um enorme vazio...

A vocês,  
com muito amor, dedico.



## AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a **DEUS**, aos meus **antepassados** e a **meus pais**, pela minha existência. Sem esta, este trabalho também não existiria.

Aos Doutores **João Viane Soares** e **José Simeão de Medeiros** – mentores intelectuais deste trabalho – agradeço pela confiança, amizade, aprendizado, respeito e paciência nestes anos de convivência.

Ao Doutor Paulo Veneziani e à Doutora Teresa Gallotti Florenzano, pela consideração e orientação amiga nos trabalhos de campo e de gabinete.

Ao Doutorando Antônio Mauro Guimarães dos Anjos, pela orientação divertida nos trabalhos de campo e de gabinete, durante o levantamento de uso da terra e da flora da região.

À grande amiga Fabiana de Melo e Silva - secretária de turismo de Capitólio - e à sua mãe, Senhora Luzia de Melo e Silva, pelo apoio, confiança, companhia e estadia durante os trabalhos de campo.

Aos Doutores: Jurandyr Luciano Sanches Ross (USP), Ênio Fraga da Silva (EMBRAPA-Solos) e Rosana Okida (GEOAMBIENTE), pelas contribuições e valiosas sugestões, respectivamente, nas áreas de Geomorfologia, Solos e Geologia.

À Doutora Thelma Krug, pela autorização N° MD110/2001, que permitiu a execução do levantamento aerofotográfico, na área da represa de Furnas, com a aeronave EMB 110-B1 do INPE.

Ao Dr. Carlos Alberto Steffen, pelo planejamento e execução da missão; e aos pilotos Pedro Celso Dias Santos e Sandro da Costa Rodrigues, que o auxiliaram no voo.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, pela oportunidade de estudos e utilização de suas instalações, especialmente o Laboratório de Tratamento de Imagens Digitais – LTID.

À Fundação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo auxílio financeiro de dois anos de bolsa de mestrado.

À Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologias Espaciais - FUNCATE, nas pessoas de Dr. Ubirajara Moura de Freitas e Dr. Antônio Miguel Vieira Monteiro, que autorizaram, respectivamente, a plotagem de algumas cartas e mais seis meses de bolsa adicional.

À Prefeitura Municipal de Capitólio, pelo apoio nesta pesquisa e por ter disponibilizado motoristas e veículos para a realização do trabalho de campo.

Aos Engenheiros Cartógrafos: Paulo César Gurgel de Albuquerque, MSc. Júlio César Lima D'Alge e Eliana Maria Kalil Mello, pelas importantes sugestões na elaboração da documentação cartográfica.

Aos demais professores e pesquisadores do INPE pelo conhecimento compartilhado: Dr. João Argemiro C. Paiva, Dr. João Roberto, Dr. Edison Crepani e Dr. Dalton de Morisson Valeriano.

Ao *staff* de “ouro”: Etel, Cris, Angelucci, Sabrina, Hellen, Dinha e Terezinha, pela diligência e solicitude no atendimento de todos os recursos materiais e financeiros que me foram necessários para o bom cumprimento da pesquisa, desde material de escritório até a compra de materiais específicos para as viagens de campo.

A todos os colaboradores e patrocinadores desta pesquisa, em Capitólio, São João Batista do Glória e Guapé, pelo incentivo através de estadias, refeições e combustível. Em especial, ao Néilton Santos de Brito (*in memoriam*) pelo exemplo de dedicação à preservação ambiental e pela forma gentil com que recebeu e acompanhou nossa equipe de trabalho.

Ao Professor Edson Luís Gomes, pelas informações valiosas sobre o turismo de aventura na região e principalmente pela pessoa atenciosa que demonstrou ser durante nossa visita informal.

Aos motoristas que me acompanharam nas viagens de campo: Luís Gabina e Sr. Natálio, do INPE, pelo bom-humor e amizade durante os trabalhos de campo.

Aos motoristas da Prefeitura de Capitólio: João Cândido da Silva (Joãozinho) e Álisson Santos Almada (Bananinha) - pela companhia, amizade, aventura e dicas de locais pitorescos da região.

À equipe de bibliotecárias do INPE: Sílvia, Yolanda, Eunice, Rosa pela solicitude e presteza nas referências, COMUT's e empréstimos de artigos e teses; em especial, à Marciana, pelo empréstimo de livros, cd-rom e *papers* de seu acervo pessoal sobre ecoturismo.

A todos os demais amigos do INPE com quem mantive contato nesses três anos de pesquisa, em especial aos amigos: Giovanni Boggione, pela companhia fraterna tipo “irmão mais-velho” nesses anos; Emiliano Castejon, “doutor plantonista” de todas as horas do meu computador; Paulo Eduardo, por ter feito o modelo que gerou este documento; Isabela, pelo apoio nas análises de climatologia; Emerson, pelo empréstimo de material e artigos relacionados a turismo; Irene Nóbrega, pela aquisição de material na EMBRATUR, em Brasília; Cíntia Honório, por ter cedido gentilmente algumas fotos de seus passeios na região de Capitólio. Também agradeço às amigas Cláudia Linhares e Luciana Myura, pelo auxílio na impressão final do documento.

Às minhas amigas de (ex) república: Edlene Garçon, Patrícia Guedes e Olívia Franco; ao casal amigo Wandir Fagundes Silveira e Alessandra Maria Silva Fagundes, meus ex-vizinhos; e aos amigos Alex e Helena dos Santos, pela paciência nos passeios e cuidados

com a Lilica, durante as minhas ausências para as viagens de trabalho de campo, simpósios e seminários.

Às amigas Ana Cristina e Beatriz, pela ajuda na digitação de tabelas e correção da digitalização de curvas de nível, respectivamente.

Aos amigos: MSc. Eduardo Celso Gerbi Camargo, Dr. Odim Mendes e professor Nilton Ricetti Nazareno - pelo incentivo, confiança e cartas de recomendação para que eu viesse estudar no INPE. Não poderia deixar de agradecê-los pelo apoio que resultou na minha vinda para São José e meu retorno aos estudos, me fazendo superar um momento muito difícil de minha vida. Agradeço aos dois primeiros, que ao me conhecerem, acreditaram muito no meu trabalho, me incentivando vir estudar no INPE. Ao professor Nazareno, agradeço também por ter me ensinado a trabalhar cartografia com arte.

À amiga Helena Maria dos Santos, que mais parece um anjo enviado pela minha mãe para cuidar de mim, agradeço imensamente o apoio quase materno recebido em todos os momentos difíceis.

Ao meu amigo Rodnei Graça, pelo apoio na área de Geologia, e compreensão, mesmo nos tempos de difícil compreensão.

Aos meus familiares - em especial, vovó Maria e meus maninhos Expedito e Adelton - pelo incentivo incondicional aos meus estudos e pela compreensão de minha ausência nos dois últimos Natais.

Ao meu namorado, Stepherson Isleid Ferreira, pelo amor e companheirismo nos momentos finais desta dissertação.

E, finalmente, à minha fiel companheirinha Lilica: lembrança-viva dos bons momentos ao lado de papai, mamãe, Adélia e Emanuelinha (principalmente), e motivo maior de eu ter conhecido o Stepherson - pelo muito que essa criaturinha significa pra mim.



## RESUMO

Face à necessidade de equilíbrio entre desenvolvimento e preservação da natureza, o **ecoturismo** vem se tornando cada vez mais importante na sociedade moderna. A presente pesquisa procura contribuir com uma metodologia que sirva de subsídio para as questões de planejamento deste crescente ramo de atividade. A área de estudo engloba parte dos municípios de Capitólio, São João Batista do Glória e São José da Barra, na região do médio Rio Grande, em Minas Gerais, uma área de imenso potencial para o ecoturismo. Tendo como base uma adaptação da metodologia de Zoneamento Ecológico-Econômico do INPE e o conceito de “unidades de paisagens”, a pesquisa busca, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, a definição de unidades de paisagem com valor para ecoturismo e a sua representação através da cartografia temática. Como resultado foi elaborado um Banco de Dados Geográficos que contém informações detalhadas dos aspectos ambientais e sócio-culturais da área de estudo, além de mapas com orientações sobre trilhas interpretativas e propostas de circuitos para a prática do ecoturismo, em função das vias de acesso e dos atrativos naturais e/ou culturais, utilizando os pictogramas sugeridos pela Embratur.



# **SUBSIDIES FOR THE PLANNING IN ECOTOURISM ON THE MEDIUM RIO GRANDE REGION, MINAS GERAIS, USING OF REMOTE SENSING AND GEOPROCESSING TECHNIQUES**

## **ABSTRACT**

The balance between economic development and natural preservation transforms ecotourism into important sector of the economy in modern societies. The present study tries to contribute with a methodology that serves to the planning of the ecotourism in a region with landscapes and other physiographical attributes that makes it a potential ecotourism area. The study area includes part of the counties of *Capit6lio*, *S6o Jo6o Batista do Gl6ria* and *S6o Jos6 da Barra*, in the State of *Minas Gerais*, inside the administrative region called *M6dio Rio Grande*, an area of immense ecotouristical potential. The methodology is an adaptation of INPE's Ecological-Economical Zoning and the concept of landscape units, focusing on the definition of landscape units with value for ecotourism and its representation through Remote Sensing and Geoprocessing techniques. The final product is a Geographical Database containing detailed information about environmental and social-cultural aspects of the study area, maps with interpretative trails and proposals of circuits to the practice of ecotourism activities, taking into account the natural and/or the cultural attractive and access ways using the pictograms suggested by EMBRATUR, the official tourism organization in Brazil.



## SUMÁRIO

Pág.

### LISTA DE FIGURAS

### LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</b> .....	<b>31</b>
<b>1.1 Objetivos da Pesquisa</b> .....	<b>33</b>
1.1.1 Objetivo Geral .....	33
1.1.2 Objetivos Específicos .....	33
<b>1.2 Motivação da Pesquisa</b> .....	<b>33</b>
<b>1.3 Abordagem da Pesquisa</b> .....	<b>34</b>
<b>CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS SOBRE ECOTURISMO, PAISAGEM E UNIDADES DE PAISAGEM</b> .....	<b>37</b>
<b>2.1 Aspectos Conceituais do Ecoturismo</b> .....	<b>37</b>
<b>2.2 As Diversas Faces do Ecoturismo</b> .....	<b>38</b>
2.2.1 Turismo de Aventura .....	38
2.2.2 Interpretação Ambiental .....	39
2.2.2.1 Geoturismo: Geologia e Turismo .....	40
<b>2.3 Planejamento em Ecoturismo</b> .....	<b>42</b>
2.3.1 Capacidade de Carga .....	45
<b>2.4 Panorama do Ecoturismo no Brasil</b> .....	<b>46</b>
2.4.1 Políticas e Diretrizes para o Ecoturismo no Brasil .....	46
2.4.2 Pólos de Ecoturismo da EMBRATUR .....	48
<b>2.5 Ecoturismo em Minas Gerais</b> .....	<b>49</b>
<b>2.6 Estudo da Paisagem</b> .....	<b>50</b>
<b>2.7 A Paisagem no Contexto do Ecoturismo</b> .....	<b>52</b>
<b>CAPÍTULO 3 - INTERFACES ENTRE GEOTECNOLOGIAS E ECOTURISMO</b> .....	<b>55</b>
<b>3.1 Geotecnologias e Ecoturismo</b> .....	<b>55</b>
<b>3.2 Considerações Teórico- Metodológicas da Pesquisa</b> .....	<b>56</b>
3.2.1 Sensoriamento Remoto .....	56
3.2.2 Sensores Remotos .....	56
3.2.3 Processamento Digital de Imagem .....	56
3.2.3.1 Registro ou Georreferenciamento de Imagens .....	58
3.2.3.2 Técnica de Realce de Contraste .....	58
3.2.3.3 Fusão de Imagens no Espaço de Cores IHS-RGB .....	60
3.2.3.4 Segmentação de Imagens .....	62
3.2.3.5 Classificação de Imagens Digitais .....	63
3.2.4 Sistema de Informações Geográficas - SIG .....	64
3.2.4.1 Modelagem de Dados em SIG .....	66
3.2.4.2 Modelo OMT-G .....	69
<b>CAPÍTULO 4 - DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>73</b>

<b>4.1 Localização da Área de Estudo</b> .....	<b>73</b>
<b>4.2 Elementos Naturais da Paisagem na Área de Estudo</b> .....	<b>74</b>
4.2.1 <u>Clima</u> .....	74
4.2.1.1 Tipo Climático .....	74
4.2.1.2 Chuvas .....	75
4.2.1.3 Umidade Relativa .....	75
4.2.2 <u>Rede Hidrográfica</u> .....	75
4.2.3 <u>Geologia</u> .....	79
4.2.3.1 Aspectos Geológico-Evolutivos da Área Estudada .....	79
4.2.3.2 Unidades Geológicas .....	81
4.2.3.3 Gênese e Deformações das Unidades Geológicas .....	83
4.2.3.4 Evolução Terciária e Esculturação Atual .....	89
4.2.4 <u>Geomorfologia</u> .....	97
4.2.4.1 Descrição da Geomorfologia da Região .....	97
4.2.5 <u>Solos</u> .....	113
4.2.5.1 Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) .....	114
4.2.5.2 Unidades de Solos da Área de Estudo .....	116
4.2.5.3 Classes de Solos, Paisagem e Ecoturismo .....	121
4.2.6 <u>Vegetação</u> .....	128
4.2.6.1 Campo Limpo .....	129
4.2.6.2 Campo Sujo .....	130
4.2.6.3 Campo Cerrado .....	131
4.2.6.4 Cerrado Propriamente Dito (Cerrado <i>strictu sensu</i> ) .....	132
4.2.6.5 Cerradão .....	134
4.2.6.6 Outras Formações do Domínio do Cerrado .....	134
<b>4.3 Elementos Antrópicos da Paisagem</b> .....	<b>141</b>
4.3.1 A Usina Hidrelétrica de Furnas .....	141
4.3.2 As Pedreiras de Quartzitos .....	142
4.3.3 As Vias de Acesso .....	144
<b>CAPÍTULO 5 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>147</b>
<b>5.1 Materiais e Procedimentos Metodológicos</b> .....	<b>147</b>
<b>5.2 Metodologia do Levantamento de Campo</b> .....	<b>148</b>
5.2.1 Levantamento Geológico e Geomorfológico .....	149
5.2.2 Levantamento da Cobertura Vegetal e Uso da Terra .....	150
5.2.3 Levantamento dos Pontos de Interesse para Ecoturismo .....	152
<b>5.3 Elaboração do Banco de Dados no SPRING</b> .....	<b>152</b>
<b>5.4 Processamento Digital de Imagem</b> .....	<b>153</b>
5.4.1 Registro de Imagens e Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) .....	153
5.4.2 Fusão de Imagens no Espaço de Cores IHS-RGB .....	154
<b>5.5 Mapas Temáticos</b> .....	<b>157</b>
5.5.1 Mosaico das Cartas Topográficas .....	157
5.5.2 Mapa da Rede de Drenagem .....	157
5.5.3 Dados de Altimetria .....	160
5.5.3.1 Modelo Digital do Terreno: Mapas de Altimetria e Declividade .....	160
5.5.4 Mosaico das Fotografias Aéreas .....	160
5.5.5 Mapa de Geologia .....	161
5.5.6 Mapa de Geomorfologia .....	163

5.5.7	Mapa de Solos .....	164
5.5.8	Mapa de Vegetação e Uso da Terra .....	166
5.5.8.1	Segmentação .....	168
5.5.8.2	Classificação Híbrida .....	168
5.5.9	Mapa das Vias de Acesso .....	169
5.5.10	Mapas de Atrativos para Ecoturismo .....	169
5.5.10.1	Ícones de Ecoturismo .....	169
5.5.10.2	Definição e Mapeamento dos Circuitos .....	171
<b>5.6</b>	<b>Mapas em Modelo Cadastral .....</b>	<b>172</b>
5.6.1	Mapa das Unidades de Paisagem .....	172
5.6.2	Mapa de Pontos de Interesse para Ecoturismo (modelo cadastral) .....	173
<b>5.7</b>	<b>Finalização do Banco de Dados .....</b>	<b>174</b>
<b>CAPÍTULO 6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>		<b>177</b>
<b>6.1</b>	<b>Levantamento dos Pontos com Potencial para Ecoturismo .....</b>	<b>177</b>
<b>6.2</b>	<b>A Definição das Unidades de Paisagem com valor para Ecoturismo .....</b>	<b>179</b>
<b>6.3</b>	<b>Documentação Cartográfica por Circuito .....</b>	<b>184</b>
6.3.1	CIRCUITO 1: Paraíso Perdido e Paraíso Proibido .....	187
6.3.2	CIRCUITO 2: Cascata, Cânions e Lagoa Azul .....	189
6.3.3	CIRCUITO 3: Fecho da Serra e Trilha do Sol .....	190
6.3.4	CIRCUITO 4: Sítio Primavera e Grotão .....	191
6.3.5	CIRCUITO 5: Circuito do Funil .....	193
6.3.6	CIRCUITO 6: Cachoeiras da Água Limpa e Macaúbas .....	194
6.3.7	CIRCUITO 7: Cachoeiras da Mata Velha, Cachoeira do Issara e Serra da Grota Feia .....	195
6.3.8	CIRCUITO 8: Escarpas do Lago e Cachoeira do Lobo .....	196
<b>6.4</b>	<b>O Gerenciamento do Banco de Dados para Ecoturismo .....</b>	<b>197</b>
6.4.1	Caracterização Fitofisionômica de Algumas Trilhas de Interesse Turístico da Área de Estudo .....	201
6.4.2	Caracterização de Feições de Interesse para o Geoturismo em Algumas Trilhas da Área de Estudo .....	215
<b>6.5</b>	<b>Efeitos do Clima na Sazonalidade do Ecoturismo Local .....</b>	<b>217</b>
<b>6.6</b>	<b>Sugestões de Atividades Ecoturísticas na Área de Estudo .....</b>	<b>229</b>
<b>CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES .....</b>		<b>233</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>237</b>
<b>APÊNDICE A - GLOSSÁRIO GEOLÓGICO .....</b>		<b>245</b>
<b>APÊNDICE B - MAPAS .....</b>		<b>249</b>



## LISTA DE FIGURAS

2.1 - Os pólos de ecoturismo em Minas Gerais.....	49
2.2 - Área em detalhe do pólo de ecoturismo MG 5 - Serra da Canastra.....	50
3.1 – Esquema que resume as etapas técnicas mais comuns do processamento digital de imagens.....	57
3.2 – Representação espacial da relação entre o espaço de cores RGB e o IHS.....	61
3.3 – Esquema mostrando a integração de bandas espectrais ETM+ e banda pancromática ETM+ do Landsat 7, no espaço de cores IHS-RGB. ....	62
3.4 – Esquema mostrando a capacidade de integração de informações espacializada e georreferenciadas em um SIG. ....	65
3.5 – Modelagem segundo o paradigma dos quatro universos. ....	67
3.6 – Representação de classes no modelo OMT-G: (a) classe convencional e (b) classe georreferenciada. ....	69
3.7 – Exemplos de representação de geo-campos, no modelo OMT-G.....	70
3.8 – Exemplos de representação de geo-objetos com geometria no modelo OMT-G. ....	70
4.1 – Localização da área de estudo e os municípios vizinhos.....	73
4.2 - Divisão das Unidades de Bacias Hidrográficas no Estado de Minas Gerais e a área de estudo (retângulo em vermelho). ....	76
4.3 – Elementos da rede hidrográfica da área de estudo sobrepostos à imagem (A) e mapa da rede de drenagem (B). ....	78
4.4 – Trecho do mapa geológico do Brasil mostrando o entorno da área do reservatório de Furnas.....	80
4.5 – Em (A), mapa geológico da área de estudo; em (B), imagem da área de estudo (composição colorida r5-g4-b3, de 16-07-1990) com os contatos das unidades litológicas do mapa e as zonas de cisalhamento reativadas entre 700 e 450 Ma (Ciclo Brasileiro).....	82
4.6 - Esquema mostrando as principais estruturas da área da represa de Furnas, proposto por Mattos (1986). As setas azuis representam os sentidos dos esforços principais que comprimiram as rochas da região, durante a convergência de placas litosféricas, dando origem às zonas de cisalhamento. No detalhe, em vermelho, a área de trabalho desta pesquisa. ....	85
4.7 - Mosaico do Landsat 5 TM, RGB 7-4-2, data de 1990 ± 3 anos, mostrando os reservatórios da UHE de Peixoto (1), da UHE de Furnas (2) e a Serra da Canastra (3), com destaque em vermelho para a área de estudo. Notar a orientação dos principais lineamentos estruturais presentes na região de estudo, em função de esforços convergentes (setas azuis). Comparar com a Figura 4.6 e esquema da Figura 4.8.....	86
4.8 – Modelo das descontinuidades de Riedel. As setas dos círculos azuis mostram a orientação do esforço tensor principal ( $\sigma_1$ ). As outras duas setas azuis representam a orientação do esforço trativo ( $\sigma_3$ ). ....	87
4.9 – Modelo das descontinuidades de Riedel. As setas circuladas em azul mostram a orientação do esforço tensor trativo ( $\sigma_3$ ). As duas outras setas azuis representam a orientação do esforço compressivo ( $\sigma_1$ ). ....	88

4.10 – Em (A), estrutura do tipo romboédrica (nível rúptil). Acima em planta, abaixo em 3 dimensões. Em (B), estrutura do tipo <i>releasing bend</i> (nível dúctil). Acima em planta, abaixo em 3 dimensões. ....	89
4.11- Exemplos de feições originadas por estruturas de blocos em falhas. ....	90
4.12 – Localização das fotos na imagem da área. ....	90
4.13 - Vista do vale do Rio Turvo (Município de Capitólio – MG), em visada para norte, onde é possível perceber, ladeando o rio, estruturas originadas no Terciário por movimentação de blocos de falhas. O plano de falha é indicado pela letra F (N60°E vertical). ....	91
4.14 - Vista ao longo do vale do Rio Turvo (Município de Capitólio – MG), em visada para oeste, mostrando os paredões com detalhes da movimentação dos blocos ocorrida no Terciário, dando origem a <i>grabens</i> (vale do rio) e <i>horsts</i> (paredões). ....	91
4.15 - Vista ao longo do vale do rio Turvo (Município de Capitólio – MG), em visada para nordeste, mostrando detalhes dos paredões ( <i>grabens</i> ). ....	92
4.16 - Vista ao longo do vale do rio Turvo (Município de Capitólio – MG), em visada para oeste, mostrando os paredões com detalhes da movimentação dos blocos ocorrida no Terciário, dando origem a <i>grabens</i> (vale do rio) e <i>horsts</i> (paredões). ....	92
4.17 - Nas fotos superiores, detalhes dos paredões de quartzito da Cachoeira da Cascata, divisa de município entre São João Batista do Glória (paredão direito) e Capitólio (paredão esquerdo), Minas Gerais. Na gravura (A), sentido de visada para sul, onde: $S_0$ é o plano de acamamento e NS e EW são as direções de planos de falha verticais aproximadamente NS e EW, respectivamente. Em (B), foto tirada no mesmo sentido de visada, porém caminhando alguns metros adiante para norte. Notar o padrão “zig-zag” dos paredões em decorrência das fraturas sofridas pelas movimentações dos blocos de quartzito. Estas fraturas seguem padrões angulares de orientação das antigas linhas de fraquezas crustais mostradas em (A). Os padrões também se repetem em outras localidades visitadas, como nos paredões do Paraíso Proibido (C) e na Trilha do Sol (D), em Capitólio - MG. Notar a presença das linhas de fraturas indicadas pelas setas. ....	93
4.18 - Localização das fotos na imagem da área. ....	94
4.19 - Detalhes das camadas de quartzito na Cachoeira da Cascata, divisa de Município de Capitólio e São João Batista do Glória - MG. Notar a disposição da rocha em camadas horizontais (A), conseqüência da origem sedimentar do arenito, posteriormente metamorfozido em quartzito, e os planos verticais (B) correspondentes a fraturas, dando um aspecto de escada. ....	95
4.20 - Detalhes das camadas de quartzito da Cachoeira dos Cânions, em (A), Município de Capitólio-MG e da Cascata, em (B), divisa de Município entre São João Batista do Glória e Capitólio (MG). Notar que o padrão em miniatura tipo “escadaria zig-zag” reproduzido na foto superior, das fraturas do quartzito, é o mesmo que dá origem à cachoeira da foto inferior. ....	96
4.21 – Entorno da área de pesquisa mostrando a Serra da Canastra (1) e o Chapadão da Babilônia (2), cujo prolongamento se estende para o interior da área de pesquisa (retângulo tracejado em branco). ....	98
4.22 – Em (A), imagem da área (TM Landsat 5, RGB 5-4-3, 16-07-90) com as indicações das unidades geomórficas a partir da interpretação proposta por Camargo et al. (1962). Em (B), área em 3-D, onde é possível visualizar melhor as superfícies das unidades geomórficas. Legenda: 1-Superfícies de aplainamento	

dos altos platôs; 2 - Superfície dissecada de topografia montanhosa e morros residuais; 3 - Superfície rebaixada dos patamares colinosos; 4 - Superfícies dos terraços e aluviões atuais e recentes. ....	101
4.23 – Superfície da área de estudo em forma de bloco 3-D, com a identificação das unidades geomorfológicas a partir da interpretação visual do relevo com base na proposta de cartografia geomorfológica de Ross (1992). Legenda: 1 -- Chapadão da Babilônia e altos platôs, 2 - Planalto do Médio Rio Grande, 3 - Serras Residuais da Pimenta, 4 – Depressão do Médio Rio Grande, 5 – Depressão do Rio Piumhi e 6 – Planícies fluviais do Rio Grande/Piumhi. ....	104
4.24 - Altimetria da área gerada a partir das curvas de nível. ....	105
4.25 – Em (A), a imagem da área com a sobreposição do limite das unidades geomorfológicas e símbolos de feições ou elementos. Em (B), tem-se o mapa geomorfológico da área de estudo, elaborado a partir da interpretação de imagens orbitais e fotografias aéreas. ....	106
4.26 – Serra do Juca Leandro (em segundo plano), exemplo dos altos platôs que se constituem um prolongamento do <b>Chapadão da Babilônia</b> . A sombra que é vista em primeiro plano provém do paredão da Serra do Cigano, que faz parte do Chapadão da Babilônia. ....	108
4.27 - Morro do Chapéu: exemplo de patamar de topo aplainado, cuja superfície do topo constitui um dos patamares sustentado por materiais de diferente resistência à erosão. ....	108
4.28 - <b>Planalto do Médio Rio Grande</b> : planalto intensamente dissecado, com cristas aguçadas e orientadas preferencialmente no sentido noroeste-sudeste. A região rebaixada, que é vista ao fundo, é parte da Depressão do Rio Piumhi. ....	109
4.29 – Vista, em primeiro plano, de formas de topos aguçados da unidade do <b>Planalto do Médio Rio Grande</b> . Em segundo plano, na parte rebaixada atrás da serra, vê-se parte da Depressão do Médio Rio Grande, onde também se avista a cidade de Guapé (região clara indicada pela seta). ....	109
4.30 – Vista, em primeiro plano, da Depressão do Rio Piumhi. Ao fundo, é possível notar a transição das formas de topo, da direita para esquerda, de convexo amplo para topos aguçados com vertentes retilíneas e côncavas (Morro do Caju), unidade pertencentes às <b>Serras Residuais da Pimenta</b> . ....	110
4.31 - Morro do Caju: topos aguçados, vertentes retilíneas e côncavas. Cabeceiras em anfiteatro. Exemplo da unidade geomorfológica “ <b>Serras Residuais da Pimenta</b> ”. ....	110
4.32 – Vista de parte da <b>Depressão do Médio Rio Grande</b> . Ao fundo, à direita, exemplo de relevo do tipo “hog-back” (localidade fora da área de estudo). ....	111
4.33 – Vista, em primeiro plano de parte da <b>Depressão do Rio Piumhi</b> . Também se vê, em segundo plano, um alinhamento de relevo montanhoso de topos aguçados das Serras Residuais da Pimenta. ....	111
4.34 - Vista de parte da Planície fluvial do Médio Rio Grande. ....	112
4.35 – Vista, em primeiro plano, de parte da <b>Planície fluvial do Rio Piumhi</b> (região escura e rebaixada indicada pela seta) e da Depressão do Rio Piumhi. Ao fundo, formas de topos convexos amplos das Serras Residuais da Pimenta. ....	112
4.36– Mapa de Solos da área de estudo, gerado a partir da reclassificação de solos dos Levantamentos de Camargo et al. (1962) e Almeida et al. (1972), com as cores	

(nível de Ordem) e nomenclaturas de classes (nível de Subordem) recomendadas pela Classificação Brasileira de Solos, EMBRAPA (1999).....	122
4.37- Paisagem de relevo plano a suave ondulado (em primeiro plano) onde predominam os Latossolos, Argissolos e Nitossolos. Em segundo plano, no relevo montanhoso, predominam os Cambissolos associados aos Neossolos Litólicos. Estrada para o vilarejo de Socorro, Município de Capitólio - MG.....	124
4.38 - Perfil de Neossolo Litólico, trilha do Paraíso Perdido, Município de São João Batista do Glória – MG. ....	125
4.39 - Paisagem de Neossolo Litólico sobre rochas quartzíticas na trilha do Paraíso Proibido, Município de São João Batista do Glória – MG.....	126
4.40 - Paisagem onde ocorre Cambissolo associado ao Neossolo Litólico. Sítio Primavera, Serra do Grotão, Município de Capitólio – MG.....	127
4.41 – Solos do tipo Organossolos: são solos escuros que aparecem em alguns locais úmidos e em condições anaeróbicas, sendo ricos em matéria orgânica (A) e típicos de regiões de baixadas (B). Trilha do Sol – Município de Capitólio – MG....	128
4.42 – Fisionomia do cerrado: dependendo da presença e do tamanho de arbustos e árvores, o cerrado varia de campo limpo a cerradão, que é uma formação considerada florestal.....	129
4.43 – Exemplo típico de formação vegetal conhecida como <b>campo limpo</b> . Alguns arbustos de caule fino ocorrem na camada rasteira, mas não se destacam acima das gramíneas. Morro do Chapéu – Município de Capitólio – MG.....	130
4.44 – Exemplo de formação vegetal conhecida como <b>campo sujo</b> . Morro do Chapéu – Município de Capitólio – MG. ....	131
4.45 – Exemplo de formação vegetal conhecida como <b>campo cerrado</b> . Trilha para a cachoeira do Paraíso Perdido – Município de São João Batista do Glória – MG.....	132
4.46 – Em (A), exemplo de vegetação do <b>cerrado</b> , com suas árvores tortuosas. Em (B), vista de uma formação vegetal de cerrado propriamente dito, em estação chuvosa. É possível notar, ao fundo, sob neblina, o Morro do Chapéu, onde predominam campos rupestres.....	133
4.47 – Exemplo de formação vegetal conhecida como <b>Cerradão</b> . Circuito do Funil – Município de Capitólio - MG.....	134
4.48 - Exemplo de uma <b>mata galeria</b> típica (indicada pela seta). Vale do Rio Turvo, trilha para cachoeira do Fecho da Serra, Município de Capitólio - MG.....	136
4.49 - Exemplo de <b>formação ribeirinha sem influência fluvial</b> . Paraíso Perdido, Município de São João Batista do Glória – MG. ....	137
4.50 - Exemplo de <b>Mata Mesófila Estacional</b> . Estrada para cachoeira do Funil, Município de Capitólio - MG.....	138
4.51 – Canelas-de-ema, família das velosiáceas, exemplos de plantas adaptadas ao ambiente rupestre, onde é comum a formação de neblina. Morro do Chapéu – Município de Capitólio – MG.....	139
4.52 – Em (A), exemplo de campo rupestre, no canto inferior esquerdo. Notar o limite com o campo limpo, onde não há a ocorrência de afloramento rochoso. Em (B), no canto esquerdo indicado pela seta, uma visão de uma elevada área de afloramento rochoso (altitude aproximada de 1400 m), local propício para a ocorrência de campos rupestres. Serra da Grota Feia – Município de Capitólio – MG.....	140
4.53 – Vista da Barragem da UHE de Furnas. ....	141

4.54 – Exemplos dos diversos empregos da pedra de quartzito: a utilização varia desde bordas de piscinas, revestimentos, pavimentos, até o uso como pisos de ambientes sociais mais refinados quando semipolido ou pigmentado.....	142
4.55 – Exemplos da diferença de cores e tonalidades encontradas em quartzitos, em função da presença de elementos minerais diferentes em sua constituição.....	143
4.56 - Vistas parciais de uma jazida de quartzito. Notar na figura da direita a forma de extração em placas da rocha de quartzito.....	143
4.57 – Localização da área de estudo e suas principais vias de acesso.....	145
5.1 – Fluxograma OMT-G dos procedimentos da pesquisa. ....	148
5.2 - Equipe multidisciplinar realizando levantamento dos aspectos geológicos/geomorfológicos da área de estudo na Trilha do Sol - Município de Capitólio (MG).....	150
5.3 – Coleta de material para o levantamento da vegetação da área. Circuito do Funil – Município de Capitólio – MG.....	151
5.4 – Pontos (em amarelo) levantados durante as duas etapas de trabalho de campo. ....	152
5.5 – Detalhe da área de estudo mostrando a cidade de Capitólio – MG. Notar a melhor resolução espacial da imagem resultante da fusão IHS-RGB em relação à composição 543-RGB, e da resolução espectral em relação à banda pancromática..	156
5.6 – Pequeno recorte da área de estudo, mostrando o Balneário Escarpas do Lago (canto inferior esquerdo) e as Serras da Pimenta. Nesta composição os canais RGB estão associados respectivamente aos contrastes “Quadrado – Equalização de Histograma - Raiz Quadrada” na banda pancromática do sensor ETM+ do Landsat 7. As linhas em cor vermelha são as drenagens que vieram da digitalização da carta topográfica e em azul, as drenagens já ajustadas manualmente na imagem, através da ferramenta de edição vetorial do SPRING. ....	159
5.7 – Mosaico não-controlado das fotografias aéreas da área de estudo.....	161
5.8 – Exemplos de alguns ícones do Sistema Brasileiro de Sinalização Turística, da Embratur (2001) utilizados na pesquisa. ....	170
5.9 – Pequeno trecho de uma planilha exemplificando como são organizados os campos com os atributos de cada ponto levantado em campo. ....	173
6.1 - Mapa do <b>Circuito 2</b> mostrando os atrativos presentes na área. ....	180
6.2 – Mapa cadastral gerado a partir do cruzamento de dados temáticos de geologia (a), geomorfologia (b), solos (c) e uso/cobertura do solo (d). A tabela gerada apresenta os atributos do polígono (unidade de paisagem) selecionado em verde....	181
6.3 – Exemplo de uma consulta no SPRING, onde foi pesquisado onde estão as unidades de paisagem que apresentam cerrado e neossolo ao mesmo tempo (destaque para a expressão da consulta na elipse do canto superior esquerdo). Na tabela, gerada como resultado da consulta, é possível identificar e quantificar o tamanho de cada unidade de paisagem que atendam à solicitação pesquisada.....	183
6.4 –A área de estudo e os oito circuitos, em 3-D, definidos na pesquisa. ....	185
6.5 - Bloco-diagrama do Circuito 1, com ângulo de azimute 285°, elevação 30° .....	187
6.6 - Bloco-diagrama do Circuito 2, com ângulo de azimute 25°, elevação 30° .....	189
6.7 - Bloco-diagrama do Circuito 3, com ângulo de azimute 20°, elevação 35° .....	190
6.8 - Bloco-diagrama do Circuito 4, com ângulo de azimute 75°, elevação 35° .....	191
6.9 - Bloco-diagrama do Circuito 5, com ângulo de azimute 65°, elevação 45° .....	193
6.10 - Bloco-diagrama do Circuito 6, com ângulo de azimute 325°, elevação 35° .....	194
6.11 - Bloco-diagrama do Circuito 7, com ângulo de azimute 35°, elevação 30° .....	195

6.12 - Bloco-diagrama do Circuito 8, com ângulo de azimute 25°, elevação 40°.	196
6.13 – Exemplo de gerenciamento do Banco de Dados por pontos (atrativos), no caso uma seqüência de pontos da trilha da cachoeira da Lagoa Azul. A cada ponto levantado é possível associar atributos que enriquecem a informação do atrativo, como, por exemplo: fotos, coordenadas geográficas, textos, etc.	197
6.14 – Exemplo de informações (pontuais) que auxiliam no gerenciamento do atrativo no Banco de Dados. No exemplo, são mostrados dados informacionais e foto da Cachoeira do Grotão, de acordo com a sistematização proposta por Beni (1998)....	198
6.15 – Exemplo de informação em formato de arquivo digital que pode ser anexada aos atributos do atrativo no Banco de Dados Geográficos. No caso em questão, o Termo de Responsabilidade que o turista da Cachoeira do Lobo precisa assinar para utilizar o local.	199
6.16 – Fotografia aérea mostrando as escarpas de falha na Trilha do Sol - Município de Capitólio – MG.	216
6.17 – Em (A), esquema mostrando uma escarpa de falha (Twidale, 1971). Em (B) e (C), detalhes das facetas triangulares características das escarpas de falha na Trilha do Sol - Município de Capitólio – MG.	216
6.18 – Precipitação total normal (mm) para o período chuvoso no Estado de Minas Gerais. A região da Serra da Canastra está localizada no retângulo vermelho.	218
6.19 – Temperatura média normal (°C) para o período chuvoso no Estado de Minas Gerais. A região da Serra da Canastra está localizada no retângulo vermelho.	219
6.20 – Precipitação total normal (mm) para o período seco no Estado de Minas Gerais. A região da Serra da Canastra está localizada no retângulo vermelho.	220
6.21 – Temperatura média normal (°C) para o período seco no Estado de Minas Gerais. A região da Serra da Canastra está localizada no retângulo vermelho.	221
6.22 – Anomalia de precipitação para o período seco de 2001 para o Estado de Minas Gerais. A região da Serra da Canastra está localizada no retângulo azul.	222
6.23 – Anomalia de precipitação para o mês de fevereiro de 2002 para o Estado de Minas Gerais. A região da Serra da Canastra está localizada no retângulo vermelho.	222
6.24 - Em (A), Cachoeira do Turvo no período da seca. Em (B), no período de intensa precipitação pluviométrica ocorrida oito meses depois.	223
6.25 - Em (A), Cachoeira do Grotão no período da seca. Em (B), no período de intensa precipitação pluviométrica ocorrida oito meses depois.	224
6.26 - Em (A), vista da Cachoeira dos Cânions no período da seca. Em (B), no período de intensa precipitação pluviométrica ocorrida oito meses depois.	224
6.27 - Em (A), vista da região dos Cânions no período da seca. Em (B), no período de intensa precipitação pluviométrica ocorrida oito meses depois.	225
6.28 - Em (A), vista da outra Cachoeira dos Cânions no período da seca. Em (B), no período de intensa precipitação pluviométrica ocorrida oito meses depois.	226
6.29 - Em (A), Cachoeira do Paraíso Proibido no período da seca. Em (B), no período de intensa precipitação pluviométrica ocorrida oito meses depois.	226
6.30 - Em (A), vista da cachoeira da escarpa do Chapadão, no Morro do Chapéu, no período da seca. Em (B), foto obtida no momento em que se aproxima uma nuvem de chuva, oito meses depois. Notar que a cachoeira da encosta é praticamente imperceptível no período da seca.	227

## LISTA DE TABELAS

4.1 – Simbologia, Unidades Litoestratigráficas, Tipos e Idades das Rochas que Ocorrem na Área de Estudo e seu Entorno.....	79
4.2 – Relações Estratigráficas das Unidades Geológicas Encontradas na Região de Estudo .....	81
4.3 – Quadro Demonstrativo das Unidades Geomórficas (Camargo et al., 1962), Unidades de Relevos Cartografadas na Pesquisa e os Critérios de Nomenclatura da Pesquisa. ....	104
4.4 – Classificação das Unidades de Relevos da Área de Estudo, de acordo com a Metodologia de Ross (1992), a partir da interpretação de produtos de Sensoriamento Remoto.....	107
4.5 – Características das 14 Ordens de Solos, segundo a Nova Classificação de Solos Brasileira (Embrapa, 1999) e respectivas correspondências com a Classificação Anterior. ....	115
4.6 – Simbologia, Classificação e Principais Características das Unidades de Solos Encontradas na Área de Estudo, segundo Almeida et al. (1972).....	117
4.7 – Simbologias e Nomenclaturas das Unidades de Mapeamento de Solos Encontradas na Região de Pesquisa e suas respectivas simbologias e nomenclaturas no atual sistema brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999). ....	119
5.1 – Generalização e correspondências entre as Unidades de Vegetação levantadas na literatura, no campo e no mapeamento com auxílio de Sensoriamento Remoto.....	166
5.2 – Técnicas de processamento digital adotadas para a discriminação das classes de uso da terra/cobertura vegetal encontradas na área de pesquisa. ....	167
5.3 – Principais elementos do banco de dados Furnas.....	174
6.1 – Relação de pontos levantados com potencial para ecoturismo, coordenadas planas (metro) e município. ....	178
6.2 - Espécies vegetais mais comuns encontradas nas trilhas de interesse turístico da área de estudo.....	206
6.3 - Formações vegetais e espécies mais comuns que ocorrem nas trilhas de interesse turístico da área de estudo.....	214
6.4 - Sugestões de atividades ecoturísticas que podem ser praticadas na área de pesquisa.....	229



## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ALC	- Aumento Linear de Contraste
CEMIG	- Companhia Energética de Minas Gerais
CPTEC	- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
EMATER	- Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMBRATUR	- Instituto Brasileiro de Turismo
ETM	- <i>Enhanced Thematic Mapper</i>
Ga	- Giga anos (um bilhão de anos)
GPS	- Global Positioning System
IAG	- <i>International Association of Geomorphologist</i>
IBAMA	- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	- Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEB	- Instituto de Ecoturismo do Brasil
IGAM	- Instituto Mineiro de Gestão de Águas
IHS	- <i>Intensity, Hue, Saturation</i>
INMET	- Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPTU	- Imposto Predial e Territorial Urbano
IUGS	- <i>International Union of Geological Sciences</i>
LEGAL	- Linguagem Espacial Geográfica Baseada em Álgebra
Ma	- Milhões de anos
MDT	- Modelo Digital do Terreno
MNT	- Modelo Numérico de Terreno

MW	- Mega Watts
PAN	- Pancromática
PEC	- Padrão de Exatidão Cartográfica
PI	- Plano de Informação
PIB	- Produto Interno Bruto
PNMT	- Programa Nacional de Municipalização do Turismo
RGB	- <i>Red, Green, Blue</i>
SGBD	- Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados
SIG	- Sistema de Informações Geográficas
SIGEP	- Sítios Geológicos e Paleobiológicos
SIMGE	- Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais
SISTUR	- Sistema de Turismo
SPRING	- Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas
SVH	- Sistema Visual Humano
TA	- Turismo Alternativo
TIN	- <i>Triangular Irregular Network</i>
TM	- <i>Thematic Mapper</i>
UHE	- Usina Hidrelétrica
UNESCO	- <i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
UPGRH	- Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos
USP	- Universidade de São Paulo
UTB	- Unidade Territorial Básica
UTM	- Universal Transversa de Mercator
WRB	- <i>World Reference Base for Soil Resource</i>
WWTC	- <i>World Travel &amp; Tourism Council</i>

WTO - *World Tourism Organization*

ZEE - Zonamento Ecológico-Econômico



## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

O Turismo assumiu nos últimos anos o papel de maior atividade civil do mundo em termos de geração de renda e emprego. De acordo com dados do Conselho Mundial de Viagens e Turismo (*World Travel & Tourism Council - WTTC*), que organiza estatísticas do turismo no mundo inteiro, até o ano 2005 o setor será responsável por cerca de 12% do PIB mundial. A Organização Mundial de Turismo (*World Tourism Organization - WTO*) estimou que em 1994 cerca de 183 milhões de pessoas no mundo trabalharam com turismo, o que dá a proporção de um em cada nove trabalhadores do planeta envolvidos com esta atividade.

O Turismo é hoje considerado a maior atividade econômica do planeta e o **Ecoturismo** é o segmento desta atividade que mais cresce - cerca de 20% ao ano. Dados do WTTC informam que o turismo ecológico ou ecoturismo representa hoje, entre 5 a 8% do negócio do turismo, devendo atingir 15% do movimento total em 2005.

Do ponto de vista econômico, o ecoturismo tem se tornado uma das maiores atividades mundiais, contribuindo significativamente para a composição do PIB de grande número de países. A ênfase do ecoturismo nos recursos locais e no emprego de mão-de-obra da região transforma-o em uma opção atraente para os países em desenvolvimento (Western, 1999).

O Brasil apresenta-se como um dos países mais completos para a prática de atividades ligadas ao ecoturismo. É reconhecidamente um dos lugares do mundo que possui mais atrativos para todos os perfis de ecoturistas e condições inigualáveis para a prática de todas as modalidades de ecoturismo - exceto àquelas que exijam neve. Além de sua gigantesca riqueza em termos de biodiversidade (considerada a maior do planeta), o Brasil detém 5,7% da área terrestre do planeta. Na composição de seu potencial de atração turística, conta a seu favor, além do seu vasto território, a inexistência de impedimentos políticos, climáticos ou de conflitos. É considerado um país de megadiversidade, ao lado de países como os Estados Unidos, a Austrália, o México, a África do Sul e a Índia.

A nova ordem econômica mundial sinaliza para a conciliação da utilização racional dos recursos ambientais abrindo novos espaços para um campo de atividade que se torna cada dia mais importante dentro do enfoque de desenvolvimento sustentável: o turismo ecológico, ou mais popularmente, **ecoturismo**.

A presente pesquisa procurou relacionar os principais conceitos deste campo de atividade, abordando um novo aspecto do ordenamento territorial a partir do conceito de unidades de paisagem de Zonneveld (1989). Tendo como base a adaptação da metodologia de Zoneamento Ecológico-Econômico proposta por Crepani et al (1999), a pesquisa buscou demonstrar um procedimento metodológico baseado em técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para a identificação de unidades de paisagem com valor para ecoturismo e sua representação através da cartografia temática, em múltiplas escalas. A área de estudo engloba grande parte do município de Capitólio, e parte dos municípios de São João Batista do Glória, Guapé e São José da Barra, na região do médio Rio Grande, em Minas Gerais.

O trabalho foi estruturado para contribuir com a elaboração de uma Base de Dados composta por elementos físicos, sócio-econômicos e culturais da área de estudo, a fim de auxiliar aos administradores e autoridades ambientais na reordenação das atividades locais do uso e ocupação da terra para ecoturismo, agropecuária e das atividades mineradoras (exploração de rochas quartzíticas). Por ser esta região possuidora de inúmeras nascentes de águas cristalinas e atrativos turísticos de rara beleza cênica, entendeu-se que é urgente um repensar sobre a utilização e o manejo dos recursos naturais que devem ser conservados para as futuras gerações.

Como forma de divulgação e avaliação dos trabalhos desenvolvidos, os produtos desta pesquisa serão disponibilizados paulatinamente na *home page* do Município de Capitólio – Minas Gerais (<http://www.capitolio.mg.gov.br>), para consultas e sugestões pela comunidade de multi-usuários da internet, principalmente no que concerne ao acervo técnico-científico da área de estudo.

## **1.1 Objetivos da Pesquisa**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Elaborar uma Base de Dados ambientais e sócio-culturais que sirva para subsidiar o planejamento do ecoturismo na região do médio Rio Grande, em Minas Gerais, tendo como suporte as técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- 1) Proceder o levantamento de informações e elaborar uma Base de Dados dos aspectos físicos, aspectos sócio-econômicos e culturais da área de estudo;
- 2) Desenvolver uma metodologia de zoneamento da área de estudo, a partir da ordenação das unidades de paisagem, através da integração de elementos da paisagem, baseada na metodologia do Zoneamento Ecológico-Econômico;
- 3) Produzir uma documentação cartográfica da área, em múltiplas escalas, para suporte a atividades de planejamento em ecoturismo.

## **1.2 Motivação da Pesquisa**

Inúmeros fatores permitiram motivar uma pesquisa desta natureza. A elaboração de uma documentação cartográfica voltada para ecoturismo apoiada em tecnologia nacional torna-se relevante e necessária pela grande riqueza natural da região, na qual existem vários elementos em sua paisagem natural que precisam ser preservados e melhor aproveitados, mediante ações de planejamento regional para o desenvolvimento de seu potencial ecoturístico. A área de estudo não somente é vizinha do Parque Nacional da Serra da Canastra, como também compreende parte da zona de influência deste Parque. Possui rios de águas cristalinas, cânions, um grande número de exuberantes cachoeiras, penhascos de quartzito exposto, corredeiras, potencial para pesca (devido à proximidade dos rios Grande e São Francisco), além de abranger parte do reservatório da Usina Hidrelétrica de Furnas e estar próxima à Represa Hidrelétrica de Peixoto, de potencial já consolidado para atividades de pesca e de recreação aquática. É uma região de imenso potencial também para o desenvolvimento de iniciativas relacionadas aos esportes da natureza e à preservação ambiental como “rapel”, “trekking” e “mountain bike”, dentre outros.

Existem na região alguns investimentos em projetos de recreação, trilhas de ecoturismo, balneários, pousadas e hotéis. São, entretanto, atividades ainda muito incipientes, de cunho individual. O zoneamento, como instrumento de planejamento e de tomada de decisões em nível das administrações municipal e estadual, poderá impulsionar o desenvolvimento do ecoturismo e do agroturismo na região. Além disto, é uma ferramenta que pode ser de grande valia aos agentes do turismo, na elaboração de roteiros, planejamento de viagens e para a educação ambiental.

### **1.3 Abordagem da Pesquisa**

Para se atingir os objetivos propostos, a pesquisa foi dividida em três etapas. A primeira parte da pesquisa diz respeito ao levantamento das informações de campo e de laboratório que pudessem subsidiar um planejamento para ecoturismo na região de estudo, na elaboração do Banco de Dados. A segunda parte diz respeito à adaptação da metodologia do ZEE/INPE (Crepani et al., 1999) para integrar os elementos da paisagem e obter as unidades de paisagem, utilizando-se de técnicas de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas. A terceira trata da elaboração da cartografia temática, utilizando-se de alguns elementos do sistema de Sinalização Turística da Embratur.

O trabalho de campo desenvolveu-se através de atividades técnico-científicas com consultas à população e algumas lideranças comunitárias locais. Nesse sentido, gerou-se uma coletânea de informações composta por fotografias e croquis da área de estudo.

Na segunda etapa da pesquisa, para a definição das unidades de paisagem foram integrados os elementos temáticos de geologia, geomorfologia, pedologia e uso/cobertura do solo, o que caracterizou a multidisciplinaridade da pesquisa. Em função das ferramentas geotecnológicas e da documentação cartográfica levantada, os mapas temáticos de solos e geologia preexistentes da região, tiveram suas informações atualizadas, enquanto que os mapas temáticos de geomorfologia e uso/cobertura do solo foram gerados em uma escala de detalhes adequada aos propósitos da pesquisa.

Na terceira etapa, depois da sistematização dos dados de campo, foram gerados mapas de circuitos em diversas escalas, em função dos atrativos levantados e das vias de acesso.

Importante ressaltar que a utilização do GPS (**G**lobal **P**ositioning **S**ystem) de navegação, no apoio aos levantamentos de campo, facilitou também a fase interpretativa dos produtos de sensoriamento remoto na etapa de laboratório, permitindo uma melhor sistematização das geoinformações para o Banco de Dados Geográficos.

Textualmente a pesquisa está dividida em **sete** capítulos. No Capítulo 1 - **Introdução**, que se trata da presente descrição, são feitos os comentários introdutórios e definidos os objetivos do trabalho. No Capítulo 2 – **Fundamentos Teóricos sobre Ecoturismo, Paisagem e Unidade de Paisagem**, são definidos os principais termos que serão utilizados no trabalho: planejamento em ecoturismo e a conceituação teórica de paisagem e unidades de paisagem. No Capítulo 3 – **Interfaces entre Geotecnologia e Ecoturismo**, são apresentados os pressupostos teóricos em geoprocessamento e sensoriamento remoto que alicerçam a metodologia aplicada. No Capítulo 4 – **Descrição da Área de Estudo**, apresenta-se a descrição dos principais elementos da paisagem na área de estudo, sejam elementos naturais, sejam antrópicos, que são discriminados pelos produtos de sensoriamento remoto. No Capítulo 5 – **Procedimentos Metodológicos**, são descritos os materiais e procedimentos que foram realizados na pesquisa. No Capítulo 6 – **Resultados e Discussão** – são feitas as análises do que foi obtido nos levantamentos de campo e no Laboratório e discutidos os resultados alcançados, à luz dos objetivos propostos. No Capítulo 7 – **Considerações Finais e Recomendações**, são apresentadas as conclusões do trabalho e discorridas sobre as recomendações de futuros trabalhos correlatos. O trabalho conta também com dois Apêndices. No **Apêndice A** é facultada a consulta dos significados de alguns termos específicos de Geologia, com vistas a facilitar a compreensão da descrição geológica da área de estudo feita no Capítulo 4. No **Apêndice B** encontram-se os mapas que compõem a documentação cartográfica elaborada como produto final da pesquisa.



## CAPÍTULO 2

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS SOBRE ECOTURISMO, PAISAGEM E UNIDADES DE PAISAGEM

#### 2.1 Aspectos Conceituais do Ecoturismo

O termo **ecoturismo** não existia até pouco tempo atrás. De acordo com Ceballos-Lascuráin (1999), apesar dos naturalistas célebres que, há alguns séculos atrás, viajavam pelo mundo com o intuito de conhecer e descrever as belezas da natureza (Humboldt, Darwin e outros), foi somente com o advento da viagem aérea a jato, de documentários televisivos sobre a natureza e sobre viagens, e com o interesse crescente em questões ligadas à conservação da natureza e ao meio ambiente, que o ecoturismo passou a despontar como um fenômeno mundial.

Segundo Western (1999), o ecoturismo tem suas raízes na natureza e no turismo ao ar livre e é mais do que uma elite de amantes da natureza, é um “amalgama de interesses” que emergem de preocupações de ordem econômica, social e ambiental. Segundo este autor, ecoturismo é “provocar e satisfazer o desejo de estarmos em contato com a natureza, é explorar o potencial turístico visando à conservação e ao desenvolvimento, é evitar o impacto negativo sobre a ecologia, a cultura e a estética”. Em outras palavras, o ecoturismo envolve tanto compromisso com a natureza como responsabilidade social.

O ecoturismo consiste em viagens ambientalmente responsáveis com visitas a áreas naturais relativamente sem distúrbios, para desfrutar e apreciar a natureza e as manifestações culturais, pretéritas ou atuais, promovendo ao mesmo tempo conservação e contribuindo para o desenvolvimento sócio-econômico das populações locais (adaptado do conceito de Ceballos-Lascuráin, citado por Pires, 1998).

Na definição da Embratur (1994), o **ecoturismo** é “um segmento da atividade turística que utiliza, de forma sustentável, o patrimônio natural e cultural, incentiva sua conservação e

busca a formação de uma consciência ambientalista através da interpretação do meio ambiente, promovendo o bem estar das populações envolvidas”.

## 2.2 As Diversas Faces do Ecoturismo

O ecoturismo, também denominado "turismo ecológico", "turismo responsável" ou "turismo sustentável" é entendido como uma forma alternativa de turismo onde os elementos natural e cultural constituem-se no foco principal de atração e atenção do viajante. Constitui-se em atividade geradora de uma cultura conservacionista e vetor para o desenvolvimento sustentável. Adicionalmente, o ecoturismo apresenta-se como uma opção tecnicamente viável para a manutenção econômica dos recursos naturais e culturais. (Ibama, 2003).

Fennell (2002) considera o ecoturismo como uma extensão ou apêndice do **Turismo Alternativo (TA)**<sup>1</sup>. O Turismo Alternativo - que se contrapõe ao Turismo convencional de massa - é tido como um turismo em que se enfatizam a demanda por um ambiente não degradado e as necessidades da população anfitriã, colocando os recursos culturais e naturais no primeiro plano de desenvolvimento e planejamento. No chamado Turismo de massa se ignoram os elementos sociais e ecológicos das regiões, em favor de um enfoque mais antropocêntrico e concentrado estritamente no lucro dos produtos de turismo oferecidos.

### 2.2.1 Turismo de Aventura

Um “primo” próximo que se desenvolveu paralelamente ao ecoturismo é o chamado turismo de aventuras que, segundo Fennell (2002), em alguns círculos é considerado subordinado ao ecoturismo. Para alguns autores, a diferença entre o turismo de aventura e o de não-aventura (ecoturismo) pode se situar no campo da psicologia social, ou seja, comportamental. Ewert (1985) e Hall (1992), citados por Fennell (2002), afirmam que o fator mais importante na decisão de alguém se engajar em atividades de aventura é o risco, sendo que a atração dominante para a procura da recreação e do turismo de aventura é

---

<sup>1</sup> Fennell considera TA como um termo genérico que engloba uma série de estratégias de turismo, como: “turismo apropriado”, “ecoturismo”, “turismo ameno”, “turismo responsável”, “turismo de pessoas a pessoas”, “turismo controlado”, “turismo em pequena escala”, “turismo campestre” e “turismo verde”.

muito mais a própria atividade do que o local. Para Quinn (1990), também citado por Fennell (2002), a aventura situa-se profundamente no interior das esferas espiritual, emocional, intelectual e objetiva da humanidade, e é eterna sedução do oculto.

A experiência da aventura não é discreta, mas varia com a intensidade, sendo que os turistas, no mercado de hoje, podem escolher dentre uma ampla gama de experiências. É tarefa do operador de excursão de aventura dar ao cliente uma noção adequada do risco, e garantir-lhes um alto nível de segurança. Nesse caso, o operador precisa demonstrar um histórico livre de acidentes, um bom planejamento e manutenção do mais elevado nível de liderança, habilidade e experiência (Fennell, 2002).

Para Ruschmann (1997), é na metade dos anos 80 que o turismo de natureza ou turismo ecológico ganha força, como uma forma de renovação do turismo, cuja clientela busca a calma, as aventuras e o conhecimento mais profundo das regiões visitadas. A autora afirma que:

*“Caminhadas, ciclismo, rafting, mountain bike, motocross e toda uma série de esportes novos necessitam de uma natureza preservada. A natureza e todos os seus componentes tornam-se pretextos para a descoberta, a iniciação, a educação e o espírito de aventura e, dessa forma, dão origem a um novo mercado”.*

### 2.2.2 Interpretação Ambiental

Uma outra vertente em que o Ecoturismo também pode ser compreendido é como uma rede de serviços e facilidades oferecidos para a realização do turismo em áreas com recursos turísticos naturais, sendo considerado também um modelo para o desenvolvimento sustentável da região (Canessa, 1983, citado por Pagani et al., 2001). Sob este prisma, as áreas onde o ecoturismo é desenvolvido devem possuir facilidades e infra-estruturas próprias, tendo nas **trilhas interpretativas** da natureza importante instrumento de apoio para este tipo de atividade.

Pagani et al. (2001) descrevem que um sistema de trilhas é formado por um conjunto de caminhos e percursos construídos com diversas funções, desde a vigilância até o turismo.

Dentre os objetivos de um sistema de trilhas está a **interpretação da natureza**, ferramenta indispensável para a educação ambiental e para o manejo de Unidades de Conservação.

A interpretação ambiental é uma técnica didática, flexível e moldável às mais diversas situações, que busca esclarecer os fenômenos da natureza para determinado público alvo, em linguagem adequada e acessível, utilizando os mais variados recursos ou meios para alcançar o objetivo. A interpretação procura promover no público alvo o sentimento de pertinência à natureza, através da sua transformação íntima em relação aos recursos naturais, da sua compreensão e de seu entendimento, no intuito de gerar interesse, consideração e respeito pela natureza e, conseqüentemente, pela vida (Pagani et al., 2001).

A relação entre ecoturismo e trilhas interpretativas da natureza leva em consideração os seguintes aspectos: preservação e valorização do patrimônio natural, histórico e cultural; participação das comunidades locais; e aquisição de uma consciência pelas populações anfitriãs e pelos turistas a respeito da necessidade de proteger as riquezas naturais e do patrimônio.

Murta e Goodey (1995) afirmam que:

*“Sendo a arte de apresentar lugares e objetos à pessoas, a interpretação é elemento essencial à conservação e gerenciamento do patrimônio, uma vez que orienta o fluxo de visitantes visando também a proteção do objeto de visita. (...) Assim, a popularização do conhecimento ambiental e da preservação do patrimônio é o maior mérito da ação da interpretação”* (Murta e Goodey, 1995, p.20).

Neste “elo” entre interpretação ambiental e valorização do patrimônio natural, um novo segmento do turismo tem surgido, com o aval de comunidades científicas, e aberto espaço para a união entre as geociências e o turismo: o **geoturismo**.

#### **2.2.2.1 Geoturismo: Geologia e Turismo**

Alguns sítios geológicos apresentam peculiaridades tais que merecem o reconhecimento de órgãos científicos para se tornarem patrimônios da humanidade por se tratarem de registros preciosos que contam a história do nosso planeta. Desta preocupação, surgiu um novo termo no meio acadêmico que se desenvolve a cada dia: o **geoturismo**. Este termo surge

como proposta para definir um ramo do ecoturismo que usa o conhecimento geológico para a interpretação da paisagem de uma determinada região (Sousa, 2001). Em se tratando de entidades científicas internacionais, a *International Union of Geological Sciences* – IUGS (União Internacional de Ciências Geológicas) criou um grupo de trabalho (*Working Group*) intitulado Global Geosites cujo objetivo é compilar um inventário global de localidades-chaves para geociências. Este inventário, baseado em avaliações científicas, fornecerá uma lista completa de sítios (geológicos e geomorfológicos), cuja conservação do local servirá tanto de interesse educacional como de pesquisa. Enfatizando que “sem sítios, não há ciência” (“*no sites, no science!*”), o grupo de trabalho Global Geosites atua em conjunto com o *World Heritage* (Patrimônio Mundial), Convenção Internacional da UNESCO criada para a proteção de sítios culturais e naturais. Através desta convenção, as nações signatárias reconhecem que manterão sob a sua responsabilidade os bens de valor universal excepcional, considerados patrimônios mundiais, que estejam localizados dentro de seus limites territoriais, assegurando a conservação para a humanidade e gerações futuras. O elo entre a Global Geosites e a World Heritage é promover as aplicações das Geociências na conservação da herança geológica e no geoturismo por meio do intercâmbio internacional.

Ainda em nível internacional, existe também o Grupo de Trabalho “*Geomorphological Sites*” (Sítios Geomorfológicos) da *International Association of Geomorphologist* – IAG (Associação Internacional de Geomorfologistas), cujo principal objetivo é aprimorar o conhecimento e avaliação de sítios geomorfológicos, com particular ênfase na conservação, educação e atratividade para turismo. O endereço desta instituição na internet é <http://www.geomorph.org/wg/wggs.html>.

No Brasil, a entidade que trata de assuntos relacionados ao estudo, pesquisa e preservação de sítios de interesse geológico é a Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP). Como o Brasil é signatário da *World Heritage*, é a SIGEP que está encarregada de preparar uma base de dados dos sítios brasileiros desta natureza que mereçam receber proteção. Os sítios aceitos para a base de dados serão objetos de uma publicação bilíngüe (português e inglês) denominada Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil (*Geological and Paleontological Sites of Brazil*). A seleção de sítios mais importantes

será encaminhada para o *World Heritage Comitee* da UNESCO que, por sua vez, poderá definir alguns como Patrimônio da Humanidade.

De acordo com Winge (1999), a Comissão Brasileira procura relacionar sítios, tendo como principal finalidade dos mesmos, o uso para:

- a) Pesquisa científica básica e aplicada;
- b) Difusão do conhecimento científico na área de Ciências da Terra;
- c) Atividades educacionais e recreativas;
- d) Criação e fortalecimento de uma consciência conservacionista;
- e) Referenciais em guias turísticos, estimulando por meio do ecoturismo, a participação e desenvolvimento sócio-econômico das comunidades locais.

Os sítios brasileiros da base de dados da SIGEP estão relacionados (e parte deles já disponíveis com um mapa-índice) no endereço [www.unb.br/ig/sigep/](http://www.unb.br/ig/sigep/). Novos sítios poderão ser propostos mediante formulário disponível no endereço eletrônico já mencionado. Os sítios aprovados e descritos pela Comissão Brasileira serão integrados à base de dados da SIGEP e disponibilizados na internet.

### **2.3 Planejamento em Ecoturismo**

A perpetuação da atratividade dos recursos turísticos é condição “sine qua non” para o desenvolvimento sustentável do turismo. Os conceitos de desenvolvimento sustentável e de turismo sustentável estão intimamente ligados à sustentabilidade do meio ambiente e esta conectividade faz com que o planejamento dos recursos turísticos seja fundamental para evitar danos sobre os meios visitados e manter a atratividade dos recursos para as gerações futuras.

Segundo Ruschmann (1997), planejar para turismo é “desenvolver os espaços e atividades que atendam aos anseios das populações locais e dos turistas e constitui a meta dos poderes públicos que, para implantá-los, vêem-se diante de dois objetivos conflitantes: o primeiro, que é o de prover oportunidade e acesso às experiências recreacionais ao maior número possível de pessoas, e o segundo, de proteger e evitar a descaracterização dos locais privilegiados pela natureza e do patrimônio cultural das comunidades”.

Ruschmann (1997), citando H. L. Theuns (1983), discorre sobre as principais condições que deverão ser consideradas quando se planeja o desenvolvimento do turismo. No que diz respeito aos requisitos básicos, segundo este autor, consideram-se três fatores.

O primeiro fator a considerar é a existência de atrações naturais e culturais capazes de motivar a vinda de turistas. No segundo fator, é preciso verificar a existência de acomodações adequadas, tais como hotéis, apartamentos, áreas para *camping*, além da oferta de restaurantes e facilidades para a prática de esportes para a recreação. O terceiro fator diz respeito às facilidades de acesso (rodovias, ferrovias, portos e aeroportos) também chamado de infra-estrutura.

Com relação ao desenvolvimento de um planejamento integrado do turismo, no Brasil, Beni (1998) baseando-se na teoria dos sistemas propôs o SISTUR – Sistema de Turismo, que é tido como “o conjunto de procedimentos e doutrinas, idéias ou princípios, logicamente ordenados e coesos, com a intenção de descrever o funcionamento da atividade turística como um todo”. Ruschmann (1997) assinala que a responsabilidade do planejamento do turismo integrado é do órgão estatal específico, entretanto, em virtude do caráter interdisciplinar e convergente da atividade, a base técnica deverá ser bastante diversificada, com a participação ou assessoria de especialistas que participarão da equipe planejadora.

Ruschmann (1997), com ajuda do geógrafo Sidney Raimundo, elabora um roteiro para diagnóstico turístico de localidades receptoras, dividido em três partes principais: a caracterização geral da área, o aspecto turístico e a análise/avaliação. Os aspectos turísticos, neste roteiro, são subdivididos em: condições naturais, recursos culturais, infra-estrutura turística, recursos humanos para o turismo, turismo receptivo e turismo emissivo. A seguir são transcritos alguns elementos das condições naturais citados pela autora, em seu roteiro para diagnóstico de uma área para potencial turístico:

A. Condições Naturais

- a. Geologia
  - i. Geologia regional
  - ii. Litologia (tipos de rochas e seus contatos)
  - iii. Recursos minerais (para a utilização humana)
- b. Geomorfologia

- i. Unidade fisiográfica
  - ii. Províncias de degradação (montanhas, morros, planaltos) – Gênese/idade/forma/(altura).
  - iii. Província de agradação (planícies, praias) – Gênese/idade/forma/(altura).
- c. Solos
  - i. Profundidade
  - ii. Erodibilidade
  - iii. Permeabilidade
  - iv. Classe de Uso do Solo
- d. Clima
  - i. Classificação climática
  - ii. Temperaturas máxima e mínima
- e. Vegetação
  - i. Classificação fitogeográfica
  - ii. Níveis de preservação e/ou alteração
  - iii. Importância biológica
  - iv. Importância social
- f. Fauna silvestre
  - i. Espécies mais comuns
  - ii. Presença de refúgios de fauna
  - iii. Espécies peçonhentas e/ou perigosas para o ser humano
- g. Recursos hídricos
  - i. Principais cursos d'água e açudes
  - ii. Dimensões/ piscosidade/ navegabilidade/ balneabilidade/ perenidade
  - iii. Fontes minerais e termais – Propriedades terapêuticas
- h. Paisagem<sup>2</sup>
  - i. Tipificação da paisagem serrana: paisagem hidrográfica, paisagem campestre e subterrânea.
  - ii. Qualidade visual da paisagem: Naturalidade, estado de preservação; Diversidade – unidades fisiográfica/elementos visuais/ categorias estéticas/ plano de visualização; Singularidades – presença de elementos que se destacam pelo seu aspecto de originalidade, grandiosidade, raridade, importância ecológica/ extrema beleza e outros valores.
  - iii. Intrusões visuais: presença de elementos e estruturas artificiais visualmente agressivas e em desarmonia com a estética da paisagem de entorno, como desmontes e escavações, desflorestamentos, mineração, edificação, etc.

## B. Recursos Culturais

- a. Arqueologia: sítios, acessibilidade, conservação e proteção.

---

<sup>2</sup> Segundo Ruschman, na elaboração do roteiro, a sistematização do estudo da paisagem foi feita por Paulo Pires.

- b. Monumentos históricos: arquitetura e monumentos
- c. Folclore/tradição/hábito de vida: tradições, gastronomia típica, etc.

### 2.3.1 Capacidade de Carga

Uma das ações do planejamento turístico voltada para a proteção ambiental é a determinação da **capacidade de carga**.

Segundo Ruschmann (1997), citando Boo (1990), entende-se como capacidade de carga de um recurso turístico o “número máximo de visitantes (por dia/mês/ano) que uma área pode suportar, antes que ocorram alterações no meio físico e social”. Essa capacidade, porém, depende do tipo e do tamanho da área, do solo, da topografia, dos hábitos das pessoas e da vida selvagem (animais), bem como do número e da qualidade dos equipamentos instalados para atender aos turistas. Quanto maior o desenvolvimento turístico das atrações, maior a probabilidade de elas ultrapassarem sua capacidade de carga.

Pagani et al. (2001) comentam que um aspecto importante a ser considerado no impacto ambiental decorrente do uso de trilhas nas atividades de ecoturismo é a determinação da “capacidade de suporte” de certas áreas. Estes autores definem como capacidade de suporte “o nível de uso que uma área pode suportar sem acarretar um grau inaceitável de deterioração das características e qualidade dos recursos ou da experiência recreativa”.

Ainda segundo estes autores, a **capacidade de suporte** pode ser subdividida em:

- a) **Capacidade de suporte ecológica:** quando se refere à quantidade de uso que um local pode suportar sem danos à flora, fauna e solos. A quantidade da capacidade de suporte envolve a determinação da “base” ecológica original e do nível de dano que seja inaceitável (aspas dos autores).
- b) **Capacidade de suporte física:** é a capacidade determinada por limites físicos. Pode incluir a largura, altitude e declividade da trilha que afetarão o tipo e a quantidade de uso que esta receberá.
- c) **Capacidade de suporte perceptiva:** é a capacidade de uma área absorver o uso sem que ela pareça muito utilizada por outros usuários. Está relacionada à geografia física da área e às expectativas do usuário.

Magalhães (2002) salienta que determinar a capacidade de carga de um recurso não é tarefa fácil, uma vez que intervem uma gama de variáveis que, mesmo separadamente, torna-se difícil mensurar. Posição idêntica é defendida por Linderberg et al. (1997) ao questionarem algumas definições de capacidade de carga como “o máximo uso de um local sem causar efeitos negativos nos recursos”, “satisfação de um visitante”, etc., pois para estes autores, a literatura indica que sempre há impactos no local, e que é difícil também mensurar a satisfação do visitante ou um número adequado de visitantes em um local, já que inúmeros atrativos recebem grande número de visitantes que fazem rodízio com outros locais, havendo sempre uma leva de visitantes de um determinado local para outro, o que dá uma mostra da dificuldade de quantificar o impacto desta atividade.

## **2.4 Panorama do Ecoturismo no Brasil**

No Brasil, segundo dados da Embratur, a atividade turística tem sido responsável pela geração de uma receita de US\$ 3,3678 bilhões e atua sobre 53 diferentes segmentos da economia nacional (Redação Ação Ambiental, 2000).

Os números do Instituto de Ecoturismo do Brasil (IEB) dão uma mostra da atratividade deste novo negócio no Brasil. Em 1994, o Ecoturismo foi responsável pela movimentação de R\$ 2,2 bilhões. Em 1995, esta cifra saltou para R\$ 3 bilhões, o que representa um aumento de 36% em apenas um ano, muito acima da média mundial, de 20%, que já é muito superior à expansão de qualquer segmento de negócios. Estima-se que para o ano de 2005, no Brasil, o Ecoturismo deverá movimentar 10,8 bilhões de dólares. (Ibama, 2003).

O Brasil tem encontrado nesta atividade uma grande fonte de recursos, já que seu potencial turístico é um dos maiores do mundo face ao conjunto de belezas naturais e biodiversidade. E é em função desta biodiversidade e riquezas naturais que o ecoturismo se caracteriza como uma atividade econômica extremamente promissora no Brasil.

### **2.4.1 Políticas e Diretrizes para o Ecoturismo no Brasil**

Segundo Embratur (1994), o ecoturismo praticado no Brasil não tem levado em consideração, tanto na área governamental quanto na iniciativa privada, o crescimento mundial da demanda por destinos ecoturísticos e o excepcional atributo de belezas naturais

que o Brasil possui, em função da falta de ordenação do segmento, que opera sem regulamentação específica e através de ações isoladas.

No documento “Diretrizes para uma Política Nacional de Ecoturismo” (Embratur, 1994), foram estabelecidos **seis objetivos básicos** para a implantação de uma política que proporcione o desenvolvimento do ecoturismo nacional. Estes objetivos são:

- a) Compatibilizar as atividades de ecoturismo com a conservação de áreas naturais;
- b) Fortalecer a cooperação interinstitucional;
- c) Possibilitar a participação efetiva de todos os segmentos atuantes no setor;
- d) Promover e estimular a capacitação de recursos humanos para o ecoturismo;
- e) Promover, incentivar e estimular a criação e melhoria da infra-estrutura para a atividade de ecoturismo;
- f) Promover o aproveitamento do ecoturismo como veículo de educação ambiental.

A partir destas premissas básicas, foram definidas algumas ações e estratégias para a consecução destes objetivos. Não serão expostas aqui todas as estratégias, apenas um resumo das ações e seus objetivos. A Tabela 2.1 sintetiza estas ações e seus objetivos para a implantação de uma política para o desenvolvimento do ecoturismo no país.

TABELA 2.1 – Ações e objetivos para a implantação de uma política para o desenvolvimento do ecoturismo nacional.

AÇÃO	OBJETIVOS
1 - Regulamentação do Ecoturismo	Dotar o segmento de ecoturismo de estrutura legal própria, harmonizada com as esferas federal, estadual e municipal, e de critérios e parâmetros adequados.
2 - Fortalecimento e Interação Interinstitucional	Promover a articulação e o intercâmbio de informações e de experiências entre os órgãos governamentais e entidades do setor privado.
3 - Formação e Capacitação de Recursos Humanos	Fomentar a formação e a capacitação de pessoal para o desempenho de diversas funções pertinentes à atividade de ecoturismo.
4 - Controle da Qualidade do Produto Ecoturístico	Promover o desenvolvimento de metodologias, modelos e sistemas para acompanhamento, avaliação e aperfeiçoamento da atividade de ecoturismo, abrangendo o setor público e privado.
5 - Gerenciamento de Informações	Realizar o levantamento de informações, a nível nacional e internacional, visando a formação de um banco de dados e a obtenção de indicadores para o

AÇÃO	OBJETIVOS
	desenvolvimento do ecoturismo.
6- Incentivos ao desenvolvimento do Ecoturismo	Promover e estimular a criação e a adequação de incentivos para o aprimoramento de tecnologias e de serviços, a ampliação da infra-estrutura existente e a implementação de empreendimentos ecoturísticos.
7- Implantação e Adequação de Infra-estrutura	Promover o desenvolvimento de tecnologias e implantação de infra-estrutura nos destinos ecoturísticos prioritários.
8- Conscientização e Informação do Turista	Divulgar aos turistas atividades inerentes ao produto ecoturístico e orientar a conduta adequada nas áreas visitadas
9- Participação comunitária	Buscar o engajamento das comunidades localizadas em destinos ecoturísticos, potenciais e existentes estimulando-as a identificar no ecoturismo uma alternativa econômica viável.

FONTE: Modificada de Embratur (1994).

Dentre os objetivos do Programa de Ecoturismo da Embratur, destacam-se a compatibilidade da atividade de ecoturismo com a conservação de áreas naturais, o estímulo à capacitação de recursos humanos e o seu aproveitamento para a educação ambiental.

#### 2.4.2 Pólos de Ecoturismo da EMBRATUR

Um importante ponto a ressaltar no âmbito do ecoturismo no Brasil é o lançamento do projeto Pólos de Desenvolvimento de Ecoturismo, implementado pela Embratur em conjunto com o Instituto de Ecoturismo do Brasil (IEB). Este projeto procura estabelecer a base para divulgar o ecoturismo em vários pontos do território nacional, através de estudos realizados em campo com a participação de agentes públicos e privados locais. O projeto se propõe levar ao público as informações necessárias à prática de ecoturismo, buscando expandir “uma atividade econômica que carrega consigo a forma de desenvolvimento mais adequada ao ambiente onde se realiza, propiciando em doses equilibradas a preservação de recursos naturais, a valorização cultural e a qualidade de vida do homem local” (Embratur e IEB, 2001).

Este projeto levantou vários pólos de ecoturismo nas cinco grandes regiões brasileiras, de norte a sul do Brasil. Neste contexto, convém detalhar a situação do Estado de Minas Gerais dentro dos pólos ecoturísticos levantados pela Embratur/IEB na região Sudeste.

## 2.5 Ecoturismo em Minas Gerais

Segundo Mara Flora Krahl – coordenadora do Programa Nacional de Turismo Rural da Embratur – Minas Gerais consta, entre as unidades da Federação, como uma das mais organizadas em termos de Ecoturismo e Turismo Rural. O Estado possui inúmeros atrativos naturais, procura manter suas raízes culturais, trabalha com diversas associações e apresenta produtos turísticos de qualidade. Na opinião da coordenadora, o que está faltando é mais conhecimento do potencial ecoturístico de Minas Gerais por parte das agências de viagem. Ela afirma que o governo federal e os governos estaduais têm tido a oportunidade de se comunicar mais diretamente com os municípios, mediante o engajamento destes no Programa Nacional de Municipalização do Turismo (PNMT) (Revista Ação Ambiental, out/nov, 2000).

A Embratur e o IEB relacionaram, em Minas Gerais, seis pólos ecoturísticos, a saber: MG 1 – Pólos de Grutas, serras e diamantes; MG 2 – Pólo Zona da Mata; MG 3 – Pólo Circuito do Ouro; MG 4 – Pólo Terras Altas da Mantiqueira; MG 5 – Serra da Canastra e MG 6 – Pólo Caminho do Cerrado. A área de estudo desta pesquisa está contida no pólo MG 5, devido à sua proximidade com o Parque Nacional da Serra da Canastra. A Figura 2.1 dá uma visão geral dos seis pólos de ecoturismo no Estado de Minas Gerais e a Figura 2.2 mostra alguns municípios adjacentes ao Pólo MG 5.

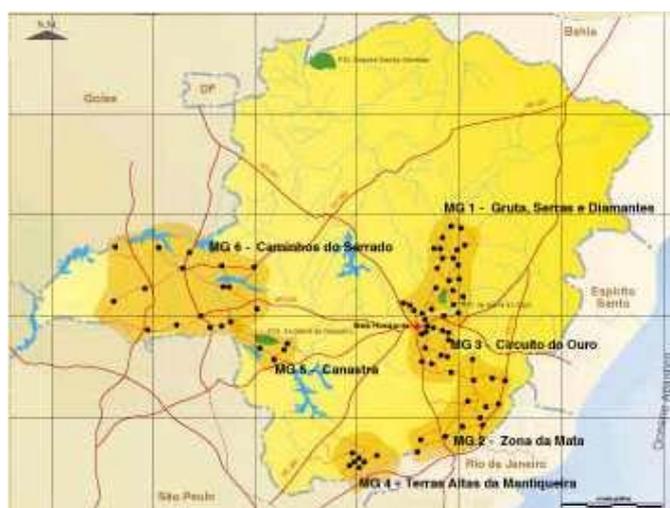


FIGURA 2.1 - Os pólos de ecoturismo em Minas Gerais.  
FONTE: Adaptada de EMBRATUR e IEB (2001).

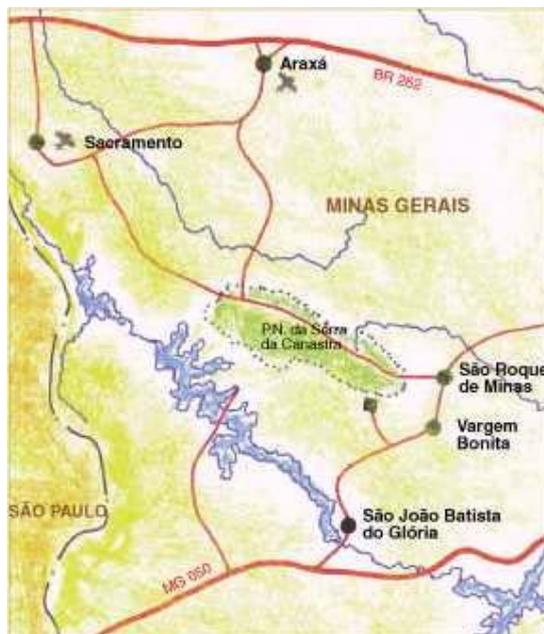


FIGURA 2.2 - Área em detalhe do pólo de ecoturismo MG 5 - Serra da Canastra.  
FONTE: Adaptada de EMBRATUR e IEB (2001).

No que diz respeito ao turismo rural, o Estado de Minas Gerais conta com o apoio técnico da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER-MG. O processo de desenvolvimento do turismo rural é trabalhado pelos técnicos do Sistema Operacional da Agricultura da empresa como uma forma de reconstrução da cultura local, de organização das pessoas, na qual o agroturismo se apresenta, enquanto atividade interna da fazenda, como uma alternativa de renda complementar.

## 2.6 Estudo da Paisagem

De acordo com Zonneveld (1989), a ciência na qual a paisagem, suas características, suas inter-relações e gêneses são estudadas, pode ser denominada de “Ciência da Terra”, que na verdade é uma das formas da Geografia, a Geografia da Paisagem. O propósito desta Ciência da Terra ou Ciência da Paisagem é o estudo do “caráter total de uma porção da Terra”. A Ciência da Terra abrange as rochas, relevo, partículas dos solos, solos, água, clima, vegetação, flora, fauna, plantações e estruturas humanas e os próprios seres humanos, incluindo também o aspecto visual da terra (a paisagem), e neste contexto, a Terra é composta de diferentes constituintes ou atributos, que por sua vez, podem ser de

natureza complexa. Esses atributos da terra não são simplesmente os constituintes da terra, eles são ao mesmo tempo os fatores que influenciam a paisagem e todos seus atributos, da mesma forma que são dependentes desta influência.

O conceito de **unidade de paisagem** é considerado fundamental no estudo de ecologia da paisagem. A unidade de paisagem é definida como uma região do espaço ecologicamente homogênea para um nível de escala considerado, ou seja, retrata um sistema ecologicamente homogêneo. Zonneveld (1989) reporta que a idéia de unidade de paisagem é importante quando se pretende fazer uma avaliação de atributos da terra, sendo necessário integrar os aspectos de vegetação, solo, geomorfologia, geologia e os aspectos biológicos (influência da massa viva). Entretanto, o conceito de unidade de paisagem não se limita à adição desses temas separados, mas a integração entre eles, sempre considerando a idéia do todo, no sentido de sistema.

Uma grande contribuição à metodologia de identificação de unidades de paisagem em ambientes de cerrado foi apresentada por Azevedo et al. (1987) com a definição das “unidades ambientais”. Este ensaio metodológico foi realizado na Estação Ecológica de Pirapitinga – MG, com a utilização de imagens TM do Landsat 5 e fotografias aéreas. Os autores identificaram e avaliaram várias unidades ambientais, adotando um enfoque sistêmico e concepção holística, realizado a partir do exame integrado de sete indicadores básicos: litologia, tipo de escoamento, forma de vertente, classe de declividade, solos, densidade de drenagem e cobertura vegetal.

Também na metodologia do Zoneamento Ecológico-Econômico, Becker e Egler (1996) propuseram como unidade de trabalho a Unidade Territorial Básica (UTB). As **UTB's** são as células elementares de informação e análise para um zoneamento ecológico-econômico. À semelhança de uma célula de um tecido vivo, que contém um conjunto de informações fundamentais à manutenção e à reprodução da vida, cada unidade territorial básica é uma entidade geográfica que contém atributos ambientais que permitem diferenciá-la de suas vizinhas, ao mesmo tempo em que possui vínculos dinâmicos que a articulam à uma complexa rede integrada por outras unidades territoriais.

Crepani et al. (1996) consideram que as UTB's são resultantes da combinação entre as unidades de paisagem natural e polígonos de intervenção antrópica que podem ser obtidas da análise e interpretação sistemática de imagens TM do satélite Landsat, ou de outras imagens de sensoriamento remoto. Além disso, estes autores, com base nos conceitos de Ecodinâmica (Tricart, 1977), produzem Cartas de vulnerabilidade natural à perda de solos, como um subsídio ao Zoneamento Ecológico-Econômico do território nacional conforme reportado em MMA (2001).

Ainda, segundo Crepani et al. (1996) a delimitação das unidades territoriais básicas sobre uma imagem de satélite permite o acesso às relações de causa e efeito entre os elementos que a compõem, oferecido pelas diferentes resoluções (espacial, espectral, temporal e radiométrica) da imagem, ao contrário da simples justaposição de informações geradas em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) a partir de dados de diferentes escalas, datas e metodologias de trabalho, que nem sempre apresentam coerência entre elas. A utilização das imagens orbitais como “âncora” na metodologia do Zoneamento Ecológico-Econômico possibilita utilizar o potencial disponível do Sensoriamento Remoto e do Sistema de Informações Geográficas através de uma visão sinótica e holística da paisagem.

Zonneveld (1989) destaca que a representação complexa da idéia de unidade de paisagem pode ser armazenada em um Sistema de Informações Geográficas, através de algoritmos sofisticados, porém a integração de temas envolve atividade mental e interdisciplinaridade, ou seja, é necessária a contribuição de vários especialistas.

Medeiros (1999) ressalta que para os procedimentos de estudos integrados de Zonneveld (1989), onde a paisagem é subdividida em entidades holísticas que se relacionam entre si, a modelagem no meio computacional de geo-objetos é mais interessante, porque permite um agrupamento segundo os atributos do objeto.

## **2.7 A Paisagem no Contexto do Ecoturismo**

A paisagem de um lugar pode ser um recurso turístico valiosíssimo, pois pode determinar o maior ou menor grau de atratividade de um local. Entretanto, a conceituação de paisagem é complexa, uma vez que esta é intrinsecamente ligada à percepção sensorial. Pires (2001) afirma que:

*“o ser humano percebe e vivencia as paisagens e a elas atribui significados e valores. (...) A percepção da paisagem é, portanto, influenciada pelas próprias características fisiológicas do ser humano, pelo seu caráter e personalidade e, também, por suas influências sociais e culturais”* (Pires, 2001, p. 118).

Jordana (1992), citado por Pires (2001), explica que a idéia de paisagem pode assumir significados diversos, podendo agregar três dimensões conceituais: a **dimensão estética** ou **visual**, a **dimensão cultural** e a **dimensão ecológica** (ou ecológica-geográfica).

A **dimensão estética** ou **visual da paisagem** é a mais primitiva e a mais intuitiva e está relacionada aos aspectos sensitivos e perceptivos do ser humano que, ao valorá-la, lança mão de um juízo de valor intrinsecamente subjetivo.

A **dimensão cultural da paisagem** a considera como um recurso no sentido humano de sua modificação, em que o homem atua como o seu agente modelador. Determinadas paisagens culturais são testemunhos da nossa história e, por isso, estão carregadas de valores emocionais que transcendem qualquer conceito de beleza ou de equilíbrio ecológico. Neste aspecto, o conceito que melhor sintetiza a definição de paisagem é feita pelo geógrafo Milton Santos, ao afirmar que:

*“A paisagem é o resultado de uma acumulação de tempos”* (Santos, 1982, citado por Rodrigues, 1997).

A **dimensão ecológica** (ou **ecológica geográfica**) considera a paisagem como resultado do conjunto de inter-relações entre os componentes desta, ou seja, entre rochas, água, vegetação, relevo, etc. Neste caso, a paisagem passa a ter uma interpretação científica, uma vez que representa uma evolução visual da evolução conjunta dos elementos físicos e biológicos que a constituem.

Foge do escopo deste trabalho uma revisão mais aprofundada sobre o conceito de paisagem, entretanto, a conceituação defendida nesta pesquisa é mais próxima à da dimensão ecológica, onde a paisagem engloba os elementos naturais e artificiais que caracterizam uma área, levando em consideração as inter-relações dos meios biótico e abiótico.



## CAPÍTULO 3

### INTERFACES ENTRE GEOTECNOLOGIAS E ECOTURISMO

#### 3.1 Geotecnologias e Ecoturismo

A sociedade moderna demanda cada vez mais tecnologias voltadas ao gerenciamento das informações, principalmente na área de prestação de serviços. Nessa exigência, engloba-se também o segmento do turismo. Bissoli (2001) afirma:

*“O avanço tecnológico não tem volta. O setor de turismo estará cada vez mais vinculado a tecnologias que permitem melhorar a prestação de serviços, reduzir custos, incrementar a produtividade e melhorar a qualidade do atendimento”* (Bissoli, 2001, p. 55).

A referida autora assinala ainda que:

*“As novas tecnologias de desenvolvimento das atividades turísticas provocam efeitos no consumidor e nos diferentes agentes que intervêm no processo turístico, permitindo o emprego de novos instrumentos de venda que incrementam a produtividade e permitem um melhor serviço, com custo mais baixo. As rodovias da informação, os novos meios de comunicação audiovisuais (som e imagem) e a multimídia, estão revolucionando a circulação da informação. A viagem virtual é uma realidade, por meio de CD-ROMs e da internet, que permitem experimentar um local antes mesmo de haver o deslocamento efetivo de uma viagem”* (Bissoli, 2001, p. 57).

O avanço de novas tecnologias que manipulam informações especializadas deu origem a um novo termo conhecido como **geotecnologia**. Considera-se como **Geotecnologia** o conjunto de ferramentas e materiais utilizados no auxílio de análises de informações espaciais, englobando o uso de imagens de satélites, Sistemas de Posicionamento Global – GPS e Sistemas de Informações Geográficas - SIG, entre outros. As geotecnologias há muito tempo extrapolam o campo científico e vêm sendo aplicadas cada vez mais em diversas áreas do conhecimento e estão presentes em um sem-número de situações no cotidiano das pessoas. Atualmente, tais ferramentas também se constituem em poderosos

instrumentos que subsidiam as tomadas de decisão para o gerenciamento de análises ambientais.

### **3.2 Considerações Teórico-Metodológicas da Pesquisa**

#### **3.2.1 Sensoriamento Remoto**

Sensoriamento remoto é uma tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície (Florenzano, 2002).

Instrumentos imageadores, a bordo de aviões e satélites, detectam e medem a energia eletromagnética em diferentes comprimentos de ondas, convertendo o sinal resultante em uma forma perceptível ao Sistema Visual Humano (SVH), a qual é chamada de **imagem**.

#### **3.2.2 Sensores Remotos**

Sensores remotos são dispositivos capazes de detectar e registrar a radiação eletromagnética, em determinada faixa do espectro eletromagnético, e gerar informações que possam ser transformadas num produto passível de interpretação quer seja na forma de imagem, ou na forma de tabelas ou gráficos (Moreira, 2001).

As imagens orbitais utilizadas na pesquisa provêm do sensor ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) do satélite Landsat 7. O Sensor ETM+ é um aperfeiçoamento do sensor ETM (*Enhanced Thematic Mapper*) que foi lançado a bordo do satélite Landsat 6, declarado perdido por não ter atingido sua órbita. O incremento do sensor ETM+ em relação ao seus antecessores ETM e TM (*Thematic Mapper*) é de possuir um canal pancromático (da região do visível e infravermelho próximo) com uma resolução espacial de 15 metros e a resolução espacial do canal termal de 60 m (Mather, 1999; Florenzano, 2002).

#### **3.2.3 Processamento Digital de Imagem**

Denota-se **processamento digital de imagem** ao tratamento de imagens através do computador. As técnicas de processamento digital de imagem podem ser divididas em três

aspectos: as técnicas de **pré-processamento de imagens**, **realce de imagens** e **análise de imagens** (Figura 3.1).

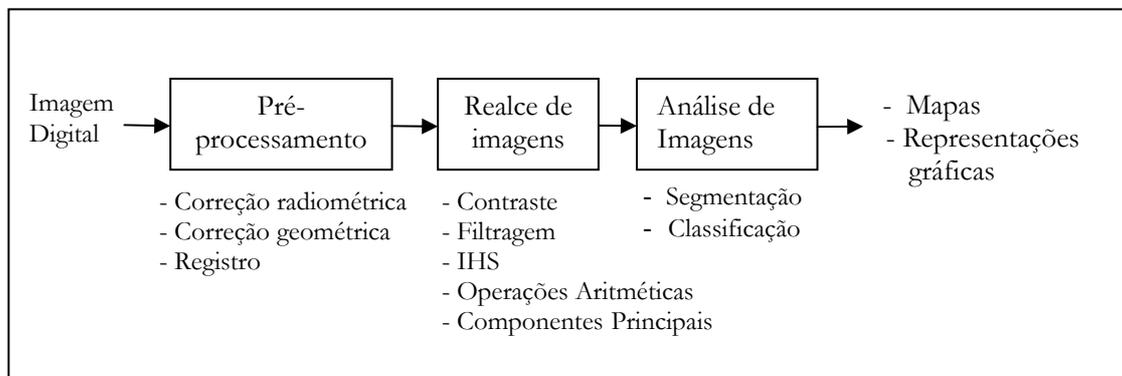


FIGURA 3.1 – Esquema que resume as etapas técnicas mais comuns do processamento digital de imagens.

FONTE: Adaptada de Fonseca (2000).

Considera-se como **pré-processamento de imagens** a fase que inclui a restauração quantitativa da imagem para corrigir degradações radiométricas e geométricas inseridas pelo sensor, no processo de formação das imagens. São exemplos de pré-processamento de imagens as técnicas de correção radiométrica e as técnicas de correções geométricas. O processo de correção geométrica de imagens compreende, por sua vez, três etapas: mapeamento direto ou transformação geométrica, mapeamento inverso e reamostragem (Fonseca, 2000).

Considera-se como **realce de imagens** as técnicas que visam melhorar a qualidade visual das imagens e enfatizar alguma característica de interesse para uma aplicação específica. O resultado do realce de imagens é uma outra imagem transformada e melhorada visualmente.

A **análise de imagens** está relacionada com a extração de informação das imagens. Este procedimento pode incluir a **segmentação de imagens** (partição da imagem em regiões com características diferentes) e a **classificação de imagens** propriamente dita.

A seguir são descritas sucintamente as técnicas de processamento digital de imagem utilizadas nesta pesquisa.

### **3.2.3.1 Registro ou Georreferenciamento de Imagens**

O registro de uma imagem compreende uma transformação geométrica que relaciona coordenadas de uma imagem (linha, coluna) com coordenadas de um sistema de referência. De forma mais simplificada, o registro de imagem pode ser entendido como a operação que permite sobrepor perfeitamente uma imagem a outra imagem ou a planos de informação em um SIG (Fonseca, 2000).

O registro é uma operação imprescindível para se fazer uma integração de uma imagem à base de dados existente em um SIG. Também é uma operação necessária para se combinar imagens de uma mesma área obtidas por sensores diferentes ou para se realizar estudos multi-temporais, caso em que se usam imagens tomadas em épocas diferentes (D'Alge, 2000).

Para o registro de imagens são utilizadas transformações polinomiais de 1º e 2º graus que fazem o vínculo entre as coordenadas da imagem e as coordenadas no sistema de referência, através de pontos de controle. Pontos de controle são feições passíveis de identificação na imagem e no terreno, ou seja, são feições homólogas cujas coordenadas são conhecidas na imagem e no sistema de referência. Cruzamentos de estradas, pistas de aeroportos e confluência de rios são considerados como elementos ideais para pontos de controle. As coordenadas de referências são usualmente obtidas através de mapas confiáveis que contenham as feições homólogas usadas como pontos de controle. Medições feitas diretamente no terreno com GPS, dados vetoriais existentes e imagens georreferenciadas podem servir também como fonte de extração de coordenadas de referência.

### **3.2.3.2 Técnica de Realce de Contraste**

Uma imagem de satélite vista da forma como é adquirida pelo sensor aparece visualmente com contraste baixo. A técnica de realce de contraste tem por objetivo melhorar a qualidade das imagens sob os critérios subjetivos do olho humano. (Crosta, 1993; Fonseca, 2000).

O **contraste** entre dois objetos pode ser definido como a razão entre os seus níveis de cinza médios (Fonseca, 2000), ou ainda, como uma medida do espalhamento dos níveis de intensidade que ocorrem na imagem (Crosta, 1993).

A distribuição estatística dos níveis de cinza em termos do número de amostras (pixels) pode ser representada através de um histograma. Quanto mais espalhado for um histograma de uma imagem, maior será o contraste e vice-versa. Quando o contraste de uma imagem é modificado, o histograma da imagem resultante é diferente da imagem original, sendo a relação entre os dois histogramas especificado pela **função de transferência de contraste**. Essa função é, em geral, uma curva plotada em relação a dois eixos (X e Y) representando as intensidades da imagem original e modificada (Crosta, 1993).

A forma mais simples de se aumentar o contraste de uma imagem é através do **aumento linear de contraste** (ALC). Nele, a função de transferência é uma reta e apenas dois parâmetros são controlados: a inclinação da reta e o ponto de intersecção com o eixo X. A inclinação controla a quantidade de aumento de contraste e o ponto de intersecção com o eixo X controla a intensidade média da imagem final. O ALC possui a vantagem de ser simples de se especificar e calcular, além de apresentar resultados que são de fácil compreensão e interpretação (Crosta, 1993; Fonseca, 2000). Entretanto, existem situações em que o ALC não consegue revelar tipos específicos de informação em uma imagem. Nestes casos, torna-se necessário utilizar outras funções de transferência não-lineares.

Quando se deseja aumentar o contraste das regiões escuras da imagem original utiliza-se a função de transferência do tipo **Raiz Quadrada**. Quando é desejado o contraste de feições claras (altos níveis de cinza da imagem) utiliza-se a função de transferência do tipo **Quadrado**. Esta função apresenta um maior aumento de contraste a partir da média do histograma, mesmo havendo um deslocamento geral para a região de níveis mais escuros (INPE, 2003).

Uma outra maneira de manipular o histograma de uma imagem, de modo a reduzir automaticamente o contraste em áreas muito claras ou muito escuras, é através da transformação não-linear conhecida como **Equalização de Histograma**. Esta opção de

equalização parte do princípio de que o contraste de uma imagem seria otimizado se todos os níveis de cinza possíveis fossem igualmente utilizados. A função espalha os picos do histograma da imagem, deixando intocadas as partes mais “chatas” do mesmo. Este resultado é obtido através de uma função de transferência que tenha uma alta inclinação toda vez que o histograma original apresentar um pico, e uma baixa inclinação no restante do histograma.

### 3.2.3.3 Fusão de Imagens no Espaço de Cores IHS-RGB

A visualização da cor em imagens multiespectrais é feita através de equipamentos que se utilizam das componentes vermelho, verde e azul (R - *red*), (G - *green*) e (B - *blue*). Entretanto, o SVH interpreta a cor como a combinação de três componentes conhecidas por Saturação (*Saturation* – S), Intensidade (*Intensity* – I) e Matiz (*Hue* – H). O espaço de cores representado por estas três componentes é conhecido como **IHS** (Crosta, 1993).

A Saturação, ou pureza de um objeto, expressa o intervalo de comprimento de onda ao redor do comprimento de onda médio no qual a energia é refletida ou transmitida; Intensidade é a medida da energia total envolvida em todos os comprimentos de onda, sendo portanto responsável pela sensação de brilho desta energia incidente sobre o olho; Matiz de um objeto é a medida do comprimento de onda médio da luz que ele reflete ou emite, definindo portanto, a cor do objeto. Assim, para o nosso sistema visual as componentes Intensidade, Matiz e Saturação representam as sensações subjetivas de brilho, cor e pureza da cor, respectivamente (Crosta, 1993).

A transformação das componentes vermelho, verde, azul (RGB) nas componentes intensidade, matiz e saturação (IHS) pode ser utilizada para produzir composições coloridas com reduzida correlação interbanda, conseqüentemente com melhor utilização do espaço de cores, e combinar diferentes tipos de imagem ou imagens de diferentes sensores. Estas transformações são feitas através de algoritmos matemáticos que relacionam o espaço RGB ao IHS (Figura 3.2).

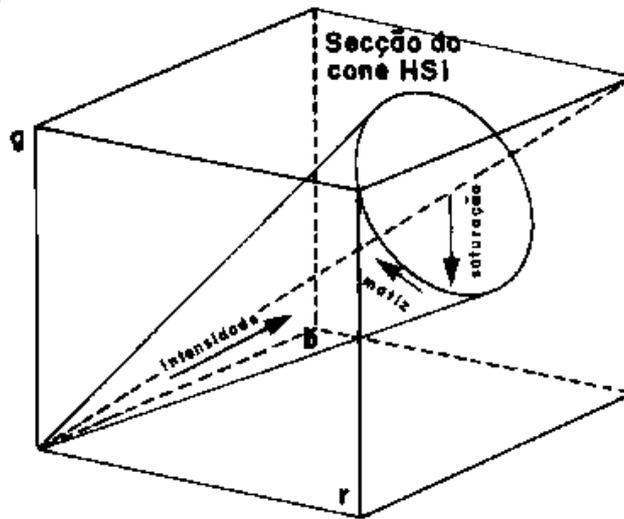


FIGURA 3.2 – Representação espacial da relação entre o espaço de cores RGB e o IHS.  
 FONTE: Adaptada de Fonseca (2000).

Para produzir composições coloridas, escolhem-se três bandas de uma imagem e associa-se cada banda a um dos componentes RGB. Executa-se a transformação IHS "pixel" a "pixel". Cada "pixel" na imagem de saída possuirá um ponto correspondente no espaço IHS. O resultado é um conjunto de três novas imagens: uma de intensidade, uma de matiz e outra de saturação. Estas imagens são realçadas, de modo a expandir o intervalo de intensidade e saturação através das técnicas convencionais de contraste, e novamente transformadas para o sistema RGB, permitindo assim melhor separação das feições que se deseja observar.

A transformação IHS pode ser utilizada na combinação de imagens de diferentes sensores e resolução espacial, como na união de bandas Pancromáticas (ETM+) e bandas espectrais ETM+ do Landsat 7, por exemplo.

Neste procedimento são calculados os componentes H, I e S a partir de três bandas selecionadas do ETM+ e aplica-se na banda PAN o contraste do componente I. O componente I é substituído pela banda Pancromática, e aplica-se a transformação inversa (IHS- RGB).

Após a transformação, a imagem colorida terá a resolução espacial da banda Pancromática do ETM+ e resolução espectral das três bandas espectrais do ETM+ (Figura 3.3).

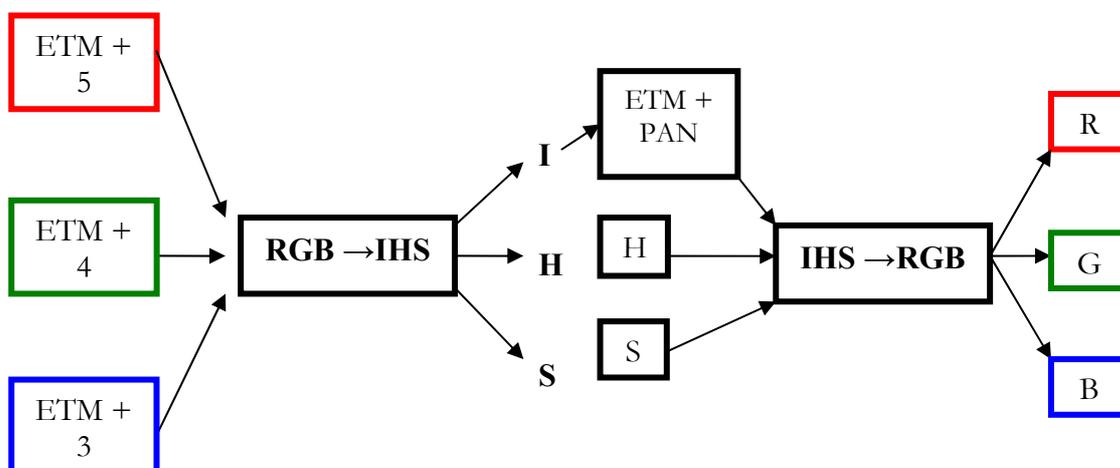


FIGURA 3.3 – Esquema mostrando a integração de bandas espectrais ETM+ e banda pancromática ETM+ do Landsat 7, no espaço de cores IHS-RGB.  
 FONTE: Adaptada de Fonseca (2000).

### 3.2.3.4 Segmentação de Imagens

A segmentação de imagens é uma tarefa básica no processo de análise de imagens: a imagem é particionada em regiões que devem corresponder às áreas de interesse da aplicação. Segundo Fonseca (2000), “regiões” são um conjunto de pixels contíguos, que se espalham bidimensionalmente e que apresentam uniformidade em relação a um dado atributo. Os atributos das regiões (área, forma, parâmetros estatísticos e textura) podem ser extraídos e usados posteriormente no processo de análise.

O particionamento da imagem pode ser realizado, basicamente, de três formas: por crescimento de regiões, detecção de bordas e da combinação destas duas.

A técnica de crescimento de regiões divide a imagem em um número de regiões homogêneas, cada uma identificada por um rótulo. O resultado final é uma imagem rotulada. No método de detecção de bordas, as bordas entre regiões homogêneas são extraídas gerando como resultado um mapa de bordas.

O método por crescimento de regiões é um processo repetitivo em que as regiões espacialmente adjacentes são agrupadas segundo algum critério de similaridade. No início do processo de segmentação, a região pode ser um pixel ou um conjunto de pixels. Para cada região são calculados atributos espectrais como, por exemplo, média, variância e textura. A agregação das regiões é feita usando algum critério de similaridade e um limiar, que pode ser definido pelo usuário. Geralmente o critério de similaridade baseia-se em um teste de hipótese estatístico que testa a média entre as regiões. O limiar de similaridade é o valor mínimo abaixo do qual duas classes são consideradas similares e agrupadas em uma única região, enquanto que o limiar de área define o número mínimo de pixels necessários para que uma área seja individualizada (Fonseca, 2000; Moreira, 2001).

### 3.2.3.5 Classificação de Imagens Digitais

Segundo Fonseca (2000), entende-se por **classificação** o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos com objetivo de mapear as áreas da superfície terrestre. O produto final de uma classificação é uma imagem temática (mapa), onde os pixels classificados são representados por símbolos gráficos ou cores. Cada cor ou símbolo está associado a uma classe temática (por exemplo: área urbana, floresta, solos, etc) definida pelo analista.

A classificação automática (feita por computador) envolve análise individual dos atributos numéricos de cada pixel na imagem, por isso é considerada uma análise quantitativa. Na classificação de dados digitais utilizam-se programas apropriados, também denominados **algoritmos de classificação** ou simplesmente **classificadores**. A categorização (rotulação) dos valores dos níveis de cinza é feita utilizando algoritmos estatísticos de reconhecimento de padrões espectrais. Dependendo do algoritmo utilizado, neste procedimento, a classificação é dita supervisionada ou não-supervisionada. O procedimento de classificação envolve duas fases distintas, ou seja, o treinamento e a classificação propriamente dita (Moreira, 2001).

O treinamento consiste no reconhecimento da assinatura espectral de cada uma das classes temáticas da área imageada. Tanto a classificação supervisionada quanto a não-supervisionada possuem regras de decisão para que o classificador associe um determinado

pixel a uma determinada classe ou defina regiões de similaridade de níveis de cinza. Tais regiões são baseadas nas características espectrais do pixel, ou do pixel e seus vizinhos. Quando a regra de decisão toma, como base, as características somente do pixel, a classificação é dita “**pixel a pixel**”. Caso contrário, a classificação é dita “**por região**”.

Na classificação “pixel a pixel”, o classificador procura associar um determinado pixel da imagem a uma das classes contidas no pacote de treinamento. Os classificadores por regiões utilizam, além da informação espectral do pixel, a informação espacial desse pixel e de seus vizinhos. Estes classificadores procuram simular o comportamento de um fotointérprete ao reconhecer áreas homogêneas dentro de uma imagem.

O método de classificação “pixel a pixel” mais comum é o **MAXVER** (máxima verossimilhança). O classificador MAXVER considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos. Para que a classificação por máxima verossimilhança seja precisa, é necessário um número razoavelmente elevado de pixels para cada conjunto de treinamento executado (Fonseca, 2000).

O classificador **ISOSEG** é um algoritmo de agrupamento de dados não supervisionado, aplicado sobre o conjunto de regiões (resultantes de uma segmentação), que por sua vez são caracterizadas por seus atributos estatísticos de média, matriz de covariância e também pela área. O algoritmo ISOSEG resume-se em três etapas: definição do limiar; detecção das classes e competição entre classes. Ao término destas etapas, todas as regiões estarão associadas a uma classe definida pelo algoritmo (Fonseca, 2000).

### **3.2.4 Sistema de Informações Geográficas - SIG**

O termo Sistema de Informação Geográfica (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. Um SIG armazena a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre segundo uma projeção cartográfica. Os dados tratados em geoprocessamento têm como principal característica a diversidade de fontes geradoras e de formatos apresentados.

Câmara e Medeiros (1996) afirmam que o requisito de armazenar a geometria dos objetos geográficos e de seus atributos representa uma necessidade básica para um SIG. Segundo estes autores, para cada objeto geográfico, o SIG necessita armazenar seus atributos e as várias representações gráficas associadas a ele. Os SIG's apresentam uma diversidade de aplicações em várias áreas: agricultura, cartografia, floresta, solos, geofísica, cadastro urbano, redes de concessionárias (água, energia e telefonia), etc. Devido a sua ampla gama de aplicações, há pelo menos três grandes maneiras de utilizar um SIG: como ferramenta para produção de mapas; como suporte para análise espacial de fenômenos; como banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

Estas três maneiras de utilização do SIG são antes convergentes que conflitantes, e refletem a importância relativa do tratamento da informação geográfica, no desenvolvimento de projetos ou dentro de uma instituição. (Câmara e Medeiros, 1996). A Figura 3.4 ilustra sobre a capacidade de integração de informações georreferenciadas em um SIG.

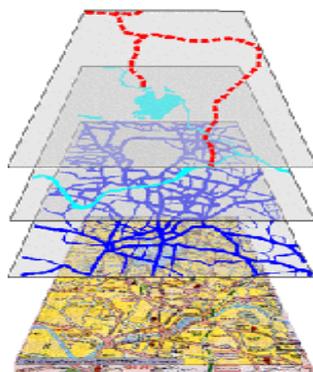


FIGURA 3.4 – Esquema mostrando a capacidade de integração de informações espacializada e georreferenciadas em um SIG.

FONTE: Adaptada de Pentagon Digital Services (2003).

As técnicas de geoprocessamento e de sensoriamento remoto utilizadas na pesquisa foram feitas com os recursos do **SPRING** - Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas, desenvolvido pelo INPE. O **SPRING** é um SIG, entretanto será aqui tratado como um **Banco de Dados Geográfico**, uma vez que suporta grande volume de dados sem limitação de escalas, projeção ou fuso. É um Sistema que mantém a identidade

dos objetos geográficos ao longo de todo o banco e administra tanto dados vetoriais como dados matriciais (“*raster*”), o que permite a integração de dados de Sensoriamento Remoto num SIG. Um grande recurso que este Sistema possui é uma linguagem espacial facilmente programável pelo usuário, denominada **LEGAL** - Linguagem Espaço-Geográfica baseada em **Álgebra**.

O SPRING apresenta todas as ferramentas de um sistema de informação geográfica dentro de uma estrutura de banco de dados relacionais. Baseado em um modelo de dados orientado a objetos, o Sistema apresenta algoritmos inovadores, como os utilizados para indexação espacial, segmentação de imagens e geração de grades triangulares, os quais garantem o desempenho adequado para diversas aplicações em que se utilizam informações especializadas.

#### 3.2.4.1 Modelagem de Dados em SIG

O mundo real pode ser modelado segundo duas visões complementares: o modelo de **campos** e o de **objetos** (Câmara e Medeiros, 1996; Goodchild, 1992, citado por Barbosa et al, 1999). No modelo de campos os fenômenos variam segundo diferentes distribuições, cujo domínio é uma região geográfica e o contradomínio, um conjunto de valores que podem ser qualitativos ou quantitativos, mapas temáticos e imagens, por exemplo. O modelo de objetos representa o mundo como um conjunto de objetos identificáveis e localizáveis, com geometria e características próprias, que não precisam ser associados a fenômenos geográficos específicos.

Os aspectos da modelagem geográfica ao nível da representação, envolvem a escolha das estruturas de dados (vetores, matrizes, etc) que efetivamente dão acesso ao conteúdo do dado; podem existir múltiplas representações para um mesmo objeto ou campo, entretanto, idealmente essas questões devem ser o mais transparentes possível para o usuário de SIG (Barbosa et al, 1999).

O Modelo de Dados do SPRING (Câmara, 1996), utilizado no desenvolvimento deste trabalho apresenta uma abordagem unificada das visões de Campos e Objetos geográficos<sup>3</sup>,

---

<sup>3</sup> No SPRING é utilizada a denominação de geo-campo e geo-objeto.

permitindo traduzir o mundo real em outros domínios como, por exemplo, a modelagem segundo o “paradigma dos quatro universos” (Gomes e Velho, 1995, citados por Câmara e Medeiros, 1996) esquematizado na Figura 3.5.

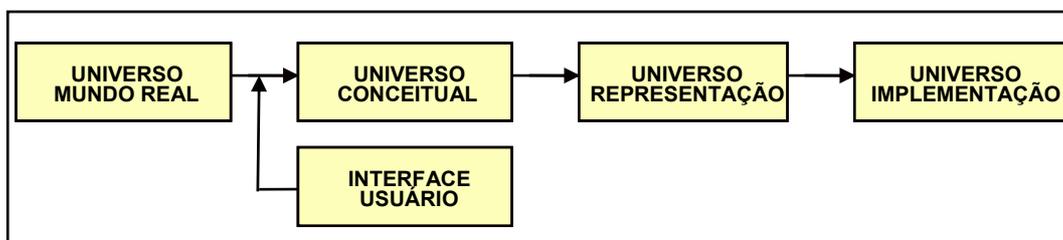


FIGURA 3.5 – Modelagem segundo o paradigma dos quatro universos.  
FONTE: Modificada de Câmara e Medeiros (1996)

Segundo Câmara e Medeiros (1996), esta forma de modelagem aplicada ao geoprocessamento é bastante apropriada, pois permite equacionar os problemas que surgem em função da grande diversidade dos dados, abordando-os da seguinte maneira:

- No **universo do mundo real** situam-se os elementos ou fenômenos de uma realidade a ser representada, que no caso do espaço geográfico, podem ser os dados climatológicos, tipos de solo, cadastros urbano e rural, dados geofísicos, topográficos e sócio-econômicos;
- No **universo conceitual** ou matemático pode-se distinguir entre as grandes classes formais de dados geográficos (dados contínuos e objetos individualizáveis) e especializar estas classes nos tipos de dados geográficos mais comuns (dados temáticos e cadastrais, modelos numéricos de terreno, dados de sensoriamento remoto);
- No **universo de representação** as entidades formais definidas no universo conceitual são associadas a diferentes representações geométricas, que podem variar conforme a escala, a projeção cartográfica escolhida e a época de aquisição do dado. Aqui se distingue entre as representações matricial e vetorial, que podem ainda ser especializadas;

- No **universo de implementação** é onde ocorre a realização da modelagem dos dados através de linguagens de programação. Neste universo, escolhem-se as estruturas de dados para implementar as geometrias do universo de representação.

Na transposição das informações do mundo real para o universo conceitual, o SPRING admite os modelos especializados nas categorias temático, numérico, imagem, cadastral, rede, objetos e objetos não-espaciais, descritos a seguir

O modelo Temático refere-se a dados qualitativos, que tipicamente estão associados a propriedades ou atributos de regiões. Planos de Informação temáticos poderão incluir dados em representações vetoriais ou matriciais, nas quais cada ponto tem um valor de classe temática derivado da região que o contém. Um mapa temático geralmente possui informações qualitativas sobre um único tema como, classes de vegetação, solo, etc. Estes dados são obtidos a partir de levantamentos de campo e posteriormente inseridos no sistema por digitalização ou a partir da classificação automática de imagens.

O modelo Numérico refere-se a dados quantitativos que podem assumir valores numéricos de qualquer tipo em cada ponto, são compostos de representações matriciais (grades retangulares) ou vetoriais (grades triangulares, isolinhas e amostras).

O modelo Imagem se refere, tipicamente, a dados de radiometria, digitalizados em uma faixa de valores numéricos inteiros, compondo representações matriciais. Compõem este modelo, imagens digitais de satélite de 8, 16, 32 bits.

O modelo Objetos é intimamente relacionado ao conceito de tabela em bancos de dados. Cada categoria de objetos está associada a uma tabela contendo atributos que caracterizam as propriedades de cada objeto representado por uma linha ou registro na tabela. O modelo Cadastral contém representações vetoriais que deverão ser associadas a objetos de uma ou mais categorias do modelo Objetos. Esses modelos são complementares, no sentido que objetos são representados em mapas cadastrais (ou de objetos), já que constituem entidades independentes de representação, projeção e escala. Assim, dados de uma categoria de objetos são associados a polígonos, linhas ou pontos de algum mapa Cadastral sempre que necessário.

### 3.2.4.2 Modelo OMT-G

Como foi visto no tópico anterior, a modelagem de dados em um SIG compreende quatro níveis de abstração: o nível do mundo real, o nível da representação conceitual, o nível de apresentação, e o nível de implementação. Segundo Davis Jr. (1998), em se tratando de modelagem para aplicações geográficas, no nível de representação conceitual, a incorporação da geometria e da topologia dos objetos espaciais ao esquema conceitual permite adequar melhor a *representação* espacial (como localização, topologia e forma geométrica) do objeto do mundo real ao nível de abstração do esquema conceitual. Da necessidade de aproximação entre o modelo mental do usuário e o modelo de implementação, surgiu como uma primitiva básica do modelo OMT convencional, a proposta do modelo GEO-OMT ou OMT-G.

O modelo OMT-G é baseado em três conceitos principais: **classes**, **relacionamentos** e **restrições de integridade espaciais**. Classe e relacionamentos definem as primitivas básicas usadas para criar diagramas de classes para aplicações geográficas. As restrições de integridades espaciais consistem na identificação de condições que precisam ser garantidas para que o banco de dados esteja sempre íntegro (Davis Jr, 1998).

As classes definidas pelo modelo OMT-G podem ser *georreferenciadas* ou *convencionais*, as quais estão simbolizadas na Figura 3.6

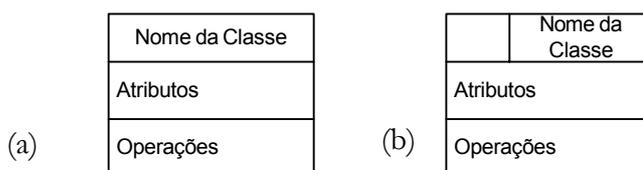


FIGURA 3.6 – Representação de classes no modelo OMT-G: (a) classe convencional e (b) classe georreferenciada.

FONTE: Modificada de Davis Jr. (1998).

Uma *classe georreferenciada* descreve um conjunto de objetos que têm representação espacial e que são associados a elementos do mundo real localizável na Terra, assumindo a visão de campos e objetos proposta por Goodchild (1992), citado por Davis Jr (1998). Uma *classe convencional* descreve um conjunto de objetos com propriedades, comportamento,

relacionamentos e semântica semelhantes, o qual pode ter algum tipo de relacionamento com objetos espaciais, mas não possui propriedades geográficas ou geométricas.

As classes georreferenciadas são especializadas em *geo-campos* e *geo-objetos* e são simbolizadas através de um retângulo cujo canto esquerdo indica a geometria da representação. Os objetos podem ter ou não atributos não-espaciais associados, listados na seção central da representação completa (Davis Jr., 1998).

No modelo OMT-G são definidas cinco classes descendentes de geo-campo: isolinhas, polígonos adjacentes, tesselação, amostragem e rede triangular irregular (Figura 3.7).

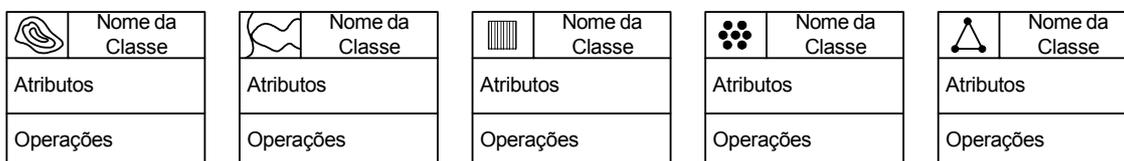


FIGURA 3.7 – Exemplos de representação de geo-campos, no modelo OMT-G.  
 FONTE: Modificada de Davis Jr. (1998).

Também são definidas duas classes descendentes de geo-objeto: geo-objeto de geometria e geo-objeto com geometria e topologia, sendo que da primeira descendem as classes ponto, linha e polígono (Figura 3.8), e da segunda, as classes nó de rede, arco unidirecional e arco bidirecional.

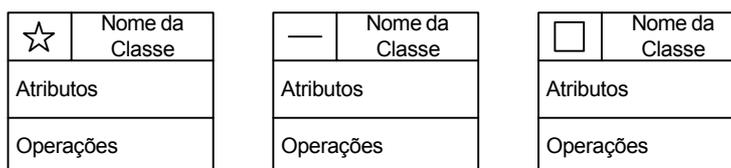


FIGURA 3.8 – Exemplos de representação de geo-objetos com geometria no modelo OMT-G.  
 FONTE: Modificada de Davis Jr. (1998).

Outros aspectos do modelo OMT-G que devem ser levados em consideração diz respeito aos **relacionamentos**, **generalização/especialização**, **agregação** e **generalização cartográfica**.

Considerando a importância dos relacionamentos espaciais e não espaciais, o modelo apresenta três tipos de relacionamentos que podem ocorrer entre as classes: associações simples, relacionamentos topológicos em rede e relacionamentos espaciais. Associações simples representam relacionamentos estruturais entre objetos de classes diferentes, convencionais ou georreferenciadas. Relacionamentos espaciais representam relações topológicas, métricas, ordinais e *fuzzy*. Relacionamentos de rede são relacionamentos entre objetos que estão conectados uns com os outros. As associações simples são representadas graficamente com linhas contínuas e os relacionamentos espaciais, com linhas pontilhadas.

A generalização é o processo de definição de classes que são mais genéricas (superclasses) do que classes com características semelhantes (subclasses). A especialização é o processo inverso, no qual classes mais específicas são detalhadas a partir de uma classe mais genérica, adicionando novas propriedades na forma de atributos. Cada subclasse herda atributos, operações e associações de sua superclasse. No modelo OMT-G, as generalizações (sejam espaciais ou não) podem ser especificadas como totais ou parciais. Uma generalização é total quando a união de todas as instâncias das subclasses é equivalente ao conjunto completo de instâncias da superclasse.

A agregação é uma forma especial de associação entre objetos, onde se considera que um deles é montado a partir de outros. Uma agregação pode ocorrer entre classes convencionais, entre classes georreferenciadas e entre ambas. Quando a agregação ocorre entre classes georreferenciadas, é necessário usar a agregação espacial. Neste caso os relacionamentos topológicos “todo-parte” devem ser explicitados. A agregação espacial indica que a geometria de cada parte deve estar totalmente contida na geometria do todo. Não é permitida a superposição entre a geometria das partes e a geometria do todo deve ser totalmente coberta pela geometria das partes.

A generalização cartográfica, no modelo OMT-G pode ser contemplada de duas maneiras: de acordo com a **forma geométrica** ou de acordo com a **escala**. A variação de acordo com a forma é usada para registrar a existência de múltiplas representações independentes de escala para uma classe. A variação de acordo com a escala é usada para especificar diferentes aspectos geométricos de uma classe dada. A notação usada para a generalização cartográfica utiliza um quadrado para conectar a superclasse a suas subclasses.



## CAPÍTULO 4

### DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

#### 4.1 Localização da Área de Estudo

A área de estudo, para efeito deste trabalho, está localizada entre os paralelos  $20^{\circ} 32' 27,43''$  a  $20^{\circ} 43' 30,22''$  Sul, e entre os meridianos  $45^{\circ} 52' 57,03''$  a  $46^{\circ} 24' 7,42''$  Oeste e pode ser visualizada na Figura 4.1.



FIGURA 4.1 – Localização da área de estudo e os municípios vizinhos.

Abrangendo o começo do reservatório da Usina Hidrelétrica de Furnas, a área de trabalho compreende grande parte do município de Capitólio (em sua quase totalidade) e partes dos municípios de São João Batista do Glória, São José da Barra e Guapé.

## **4.2 Elementos Naturais da Paisagem na Área de Estudo**

Nesta dissertação, os elementos naturais considerados foram: o clima, a rede hidrográfica, a geologia, a geomorfologia, os solos, a cobertura vegetal e o uso da terra. Segue uma revisão bibliográfica de cada tema, buscando um enfoque para o ecoturismo da região, apoiado nos produtos obtidos por sensoriamento remoto.

### **4.2.1 Clima**

#### **4.2.1.1 Tipo Climático**

Camargo et al. (1962) e Almeida et al. (1972) descrevem que o clima para a região da Represa de Furnas é amenizado pela altitude (700 - 1.300 m) com invernos frescos e verões quentes ou brandos e média do mês mais frio abaixo de 18°C. Estes autores mencionam que:

*“A existência de um verão chuvoso e inverno seco, indica para o clima da região um regime tropical, entretanto, como existe uma diminuição de temperatura como efeito da altitude, pode-se dizer que na área vigora clima tropical de altitude?”* Camargo et al. (1962) e Almeida et al. (1972).

Camargo et al. (1962) descrevem também que a área sob a influência do reservatório de Furnas, em quase sua totalidade e, principalmente, as áreas dos altos platôs da região, enquadrar-se-iam no tipo Cwb da classificação climática de Köppen. Entretanto, nas partes mais rebaixadas situadas nos extremos noroeste e norte da área, que é justamente onde se localiza a área de estudo desta pesquisa, as altitudes decrescem sensivelmente (em torno de 700 m), as temperaturas elevam-se e os verões tornam-se mais quentes, implicando na classificação do tipo Cwa, de Köppen.

No tipo climático Cwa, o clima é considerado mesotérmico com verões quentes e estação chuvosa no verão, sendo a temperatura média mensal inferior a 18°C no mês mais frio e superior a 22°C no mês mais quente. Segundo a ficha de informação municipal de

Capitólio, com dados fornecidos pela EMATER-MG, a temperatura média anual oscila em torno de 22,5° C, sendo a média máxima anual de 28,5° C e a média mínima anual de 11,5° C, informações que vêm confirmar a classificação tipo Cwa.

#### **4.2.1.2 Chuvas**

O regime de chuvas tropicais estende-se de maneira generalizada por toda a área, notando-se uma estação seca bem definida. O regime pluviométrico anual, tipicamente continental, acusa uma periodicidade caracterizada pela concentração máxima de precipitação (85-90% do total anual) acumulada nos meses de primavera-verão (outubro a março). A ficha de informação municipal de Capitólio fornece um índice médio pluviométrico anual na região de 1.448 mm.

A estação seca, na quase totalidade da área, tem duração de 4 meses, estendendo-se de maio a agosto. O máximo de intensidade de período seco, verifica-se nos meses de junho, julho e agosto, com médias mensais abaixo de 30 mm. Durante o período chuvoso, os meses que acusam maiores precipitações são dezembro e janeiro, com médias mensais variando de 190 a 279 mm (Camargo et al, 1962).

#### **4.2.1.3 Umidade Relativa**

A percentagem de umidade relativa média anual varia em torno de 80%, índice considerado relativamente elevado para Camargo et al. (1962). O mês que apresenta valores mais baixos é agosto, com médias oscilando ao redor de 72% e o mês com índices mais elevados é dezembro, com médias da ordem de 83%.

#### **4.2.2 Rede Hidrográfica**

A área de estudo está inserida em uma pequena parte das bacias hidrográficas do Rio São Francisco e da Bacia do Rio Grande, afluente do Rio Paraná. Segundo o Instituto Mineiro de Gestão de Águas<sup>4</sup> - IGAM, dentro da Bacia do Rio São Francisco, a área ocupa parte da

---

<sup>4</sup> O Instituto Mineiro de Gestão das Águas subdividiu as principais bacias hidrográficas localizadas no Estado de Minas Gerais, em várias unidades denominadas “Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos” (UPGRH). A Bacia do Rio Grande subdivide-se em 8 Unidades, enquanto que a do Rio São Francisco, em 10 Unidades dentro do Estado de Minas Gerais. Os códigos de cada unidade foram dados a partir das Bacias Federais.

sub-bacia denominada SF1 (unidade que contém cursos d'água que vão das nascentes até o Rio Pará), enquanto que na Bacia do Rio Grande, a área abrange parte de duas unidades que são as sub-bacias GD3 (tributários do entorno da Represa de Furnas) e GD7 (tributários do entorno da Represa de Peixoto e Ribeirão Sapucaí).

A Figura 4.2 mostra os limites da área de pesquisa e as delimitações das unidades hidrográficas que estão presentes na área.

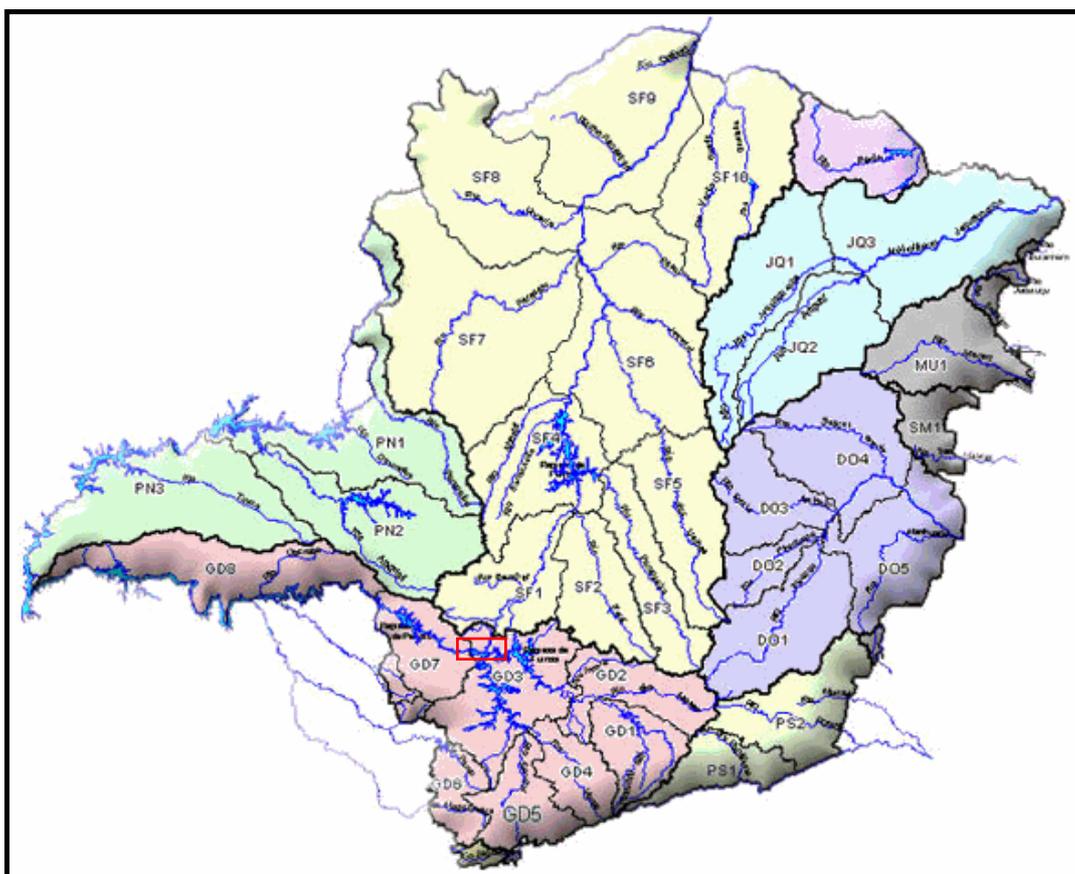


FIGURA 4.2 - Divisão das Unidades de Bacias Hidrográficas no Estado de Minas Gerais e a área de estudo (retângulo em vermelho).  
FONTE: Modificada de IGAM (2003).

Toda a faixa sul do Município de Capitólio, limitando com Alpinópolis e Guapé, é banhada pelas águas do Lago de Furnas. As águas do Lago de Furnas são barradas por um dique de 700 metros de extensão localizado a três quilômetros a sudoeste de Capitólio. Do outro lado do dique, ao norte, começa um lago com altitude bem inferior, formado pelo Rio

Piumhi, que ao ser represado pelo obstáculo artificial e impedido de prosseguir seu curso normal até o Rio Grande, forma um extenso braço que dá origem ao lago que margeia a cidade de Capitólio. Neste lago, em 1988, foi construída uma praia artificial pela Prefeitura Municipal de Capitólio. As águas do Rio Piumhi, ao retomar o caminho contrário, percorrem o Canal (Artificial) do Pântano e deságuam no Rio São Francisco, mudando, portanto, de Bacia Hidrográfica.

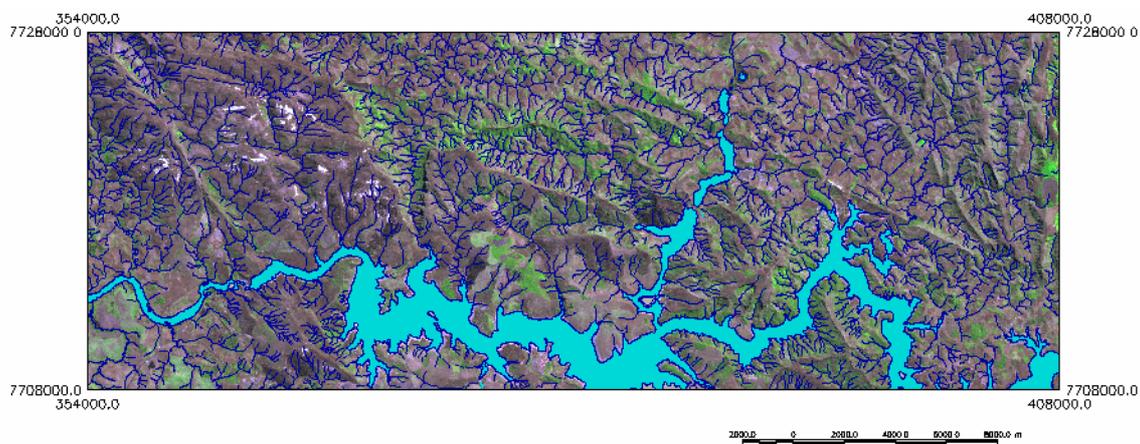
Os principais cursos d'água que atravessam a área de estudo são o Rio Grande, considerado o nível de base local, e o Rio Piumhi, que originalmente corria no sentido de norte para sul, passou a correr no sentido inverso, de sul para norte, após a construção da Barragem de Furnas e da Barragem do Rio Piumhi (dique). O Rio Grande apresenta um desnível de aproximadamente 20 metros no trecho que atravessa o município de Capitólio.

Os demais cursos d'água que ocorrem na área de estudo são denominados, pela Fundação IBGE (1970), de córregos e ribeirões. Os principais cursos d'água que deságuam na Represa de Furnas, no sentido norte-sul, são: Ribeirão Quebra-Anzol, Ribeirão da Capivara, Córrego Discoada (Diquadinha), Córrego Quebra-Cambão, Ribeirão do Turvo, Ribeirão da Lage, Córrego Turvozinho, Córrego do Gertrudes e Córrego do Grotão (Grotá Feia). No sentido leste-oeste são: Córrego Campestre, Córrego Palmatória, Córrego do Pinheiro e Córrego do Moleque.

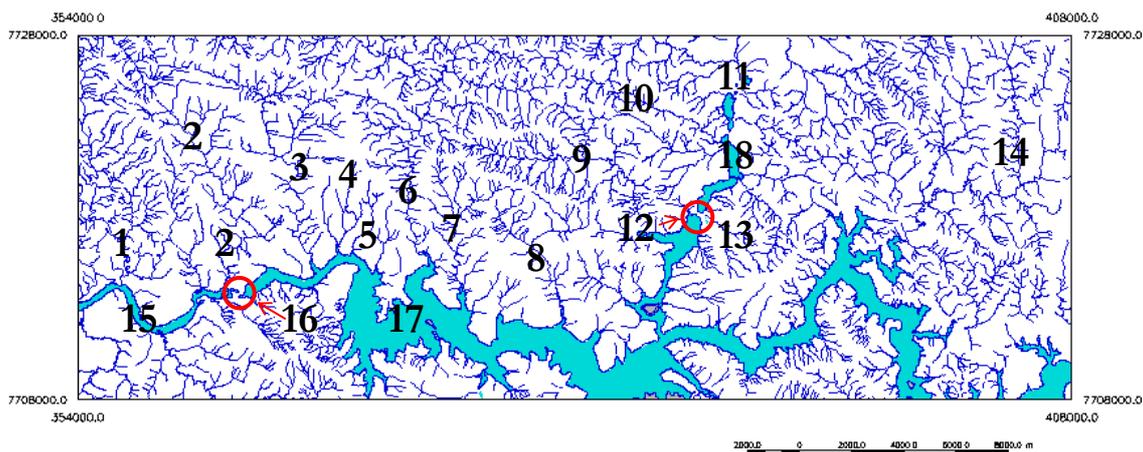
Os principais cursos d'água que deságuam na Represa do Rio Piumhi, e conseqüentemente no Rio São Francisco, são: Córrego dos Soares, Córrego da Água Limpa, Córrego da Mata dos Santos, Córrego do Retiro, Córrego do Virgílio, Córrego do Ambrósio e Córrego do Engenho da Serra.

Os principais elementos da rede hidrográfica da área de estudo que apresentam interesse para ecoturismo e que foram citados anteriormente estão representados na Figura 4.3.

(A)



(B)



LEGENDA	
Principais elementos da Rede Hidrográfica da área de estudo	
1-Ribeirão do Fumal	10-Córrego da Água Limpa
2-Ribeirão Quebra-Anzol	11-Rio Piumhi (Canal do Pântano)
3-Ribeirão da Capivara	12-Barragem do rio Piumhi (diqe)
4-Córrego Discoada (Diquadinha)	13-Córrego do Engenho da Serra
5-Córrego Quebra-Cambão	14-Ribeirão da Vargem
6-Ribeirão do Turvo	15-Rio Grande
7-Ribeirão do Paredão	16-Barragem de Furnas
8-Córrego Tamborete	17-Represa de Furnas
9-Córrego do Grotão (Grotá Feia)	18-Lago do rio Piumhi

FIGURA 4.3 – Elementos da rede hidrográfica da área de estudo sobrepostos à imagem (A) e mapa da rede de drenagem (B).

## 4.2.3 Geologia

### 4.2.3.1 Aspectos Geológico-Evolutivos da Área Estudada

De acordo com os objetivos do trabalho, não cabe uma discussão formal sobre a evolução geológica da área. Por outro lado, é interessante destacar, de um modo simplificado e genérico, os aspectos litológicos-estruturais-evolutivos, bem como, as idades de formação-deformação e esculturamento da região, com o intuito de estabelecer o relacionamento de sua evolução durante o transcorrer do tempo geológico e a paisagem atual.

Diversos autores estudaram a região e publicaram seus resultados sob variadas formas, inclusive como dissertações de mestrado e teses de doutoramento. Na publicação de Schobbenhaus et al. (1984), encontram-se as referências dos principais trabalhos que deram origem às definições litoestratigráficas que aparecem na área de estudo (Figura 4.4) e que estão sintetizadas na Tabela 4.1

TABELA 4.1 – Simbologia, unidades litoestratigráficas, tipos e idades das rochas que ocorrem na área de estudo e seu entorno.

SÍMBOLO	UNIDADES	TIPOS DE ROCHAS	IDADE
Qha	Aluvião indiferenciado	Areias e argilas	Quaternário recente
P sb	Grupo Bambuí	Calcários, dolomitos, ardósias, metassiltitos, margas, metarcóseos, folhelhos, brechas calcárias.	Proterozóico Superior 0,9 a 1,0 Ga
PMca	Formação Canastra	Quartzitos, filitos, xistos, clorita-xistos, metarcóseos, metagrauvas, metaconglomerados, calcixistos, mármores, filitos grafitosos e hematíticos, metavulcânicas ácidas, intermediárias e básicas; rochas metamáficas e metaultramáficas.	Proterozóico Médio 1,3 a 1,5 Ga
P Max	Grupo Araxá	Quartzitos, micaxistos, granada-estaurolita-cianita-xistos, mármores, calcixistos, xistos grafitosos, anfibolitos; gnaisses, metaultramáficas.	Proterozóico Médio 1,5 a 1,7 Ga
A pi	<i>Greenstone Belt</i> Piumhi	SEQÜÊNCIA VULCANO-SEDIMENTAR: metavulcânicas, de ácidas a ultramáficas, filitos, xistos grafitosos, formações ferríferas, <i>metaberts</i> , quartzitos, mármores, komatiitos com textura spinifex	Arqueano 2,9 a 3,4 Ga
A cg	Complexo Varginha e Complexo Campos Gerais	Gnaisses e migmatitos granulíticos; enderbitos; kinzigitos, leptinitos, granitóides, metabasitos, rochas ultrabásicas; gabros, noritos, xistos, quartzitos, rochas calcissilicáticas; charnockitos RETRABALHADOS NOS CICLOS URUAÇUANO E BRASILIANO	Arqueano 3,4 a 4,0 Ga

FONTE: Modificada de Schobbenhaus et al. (1984).

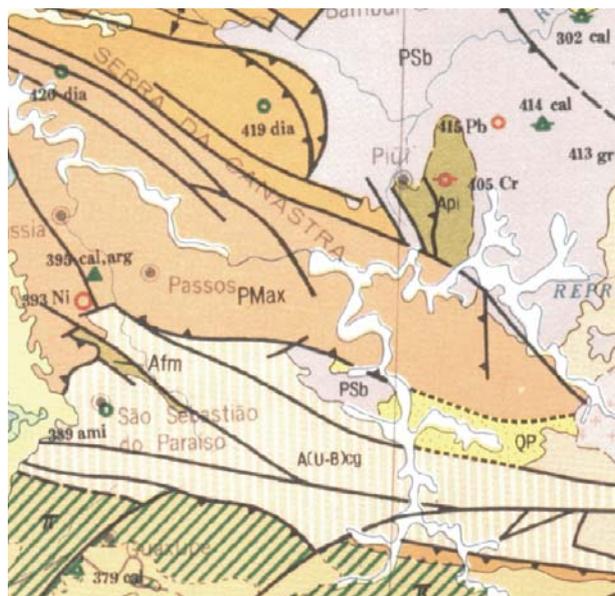


FIGURA 4.4 – Trecho do mapa geológico do Brasil mostrando o entorno da área do reservatório de Furnas.

FONTE: Adaptada de Schobbenhaus (1984, anexos).

Schobbenhaus et al. (1984) menciona que no estado de Minas Gerais, os trabalhos sobre o grupo Bambuí (sub-grupo Paraopebas) iniciados por Branco e Costa (1961), prosseguiram com os estudos de Oliveira (1967), Braun (1968), Barbosa (1965), Barbosa et al. (1969, 1970), Dardenne (1978, 1979) e Lopes (1979).

Barbosa et al. (1969) definiram a estratigrafia do Grupo Araxá. Teixeira e Danni (1978), Schmidt e Fleischer (1978) observaram semelhanças estratigráficas com o referido grupo nas rochas da região de Passos. Na Serra da Canastra, destacam-se os trabalhos de Brandalise et al. (1971) e Silva (1978), que definiram a Formação Canastra.

Schranck e Brouse (1980), Frizson Junior et al. (1980) definiram a seqüência vulcano-sedimentar do tipo greenstone-belt Piúí, na região de Piumhi. Cavalcante et al. (1977) estudaram o Complexo Varginha-Guaxupé, e Teixeira e Danni (1978), o Complexo Gerais.

Embora, à primeira vista, tal fato possa dar a impressão de que a região tenha todos seus problemas geológicos elucidados, salienta-se que os autores referenciados sempre discorrem a respeito da falta de estudos mais aprofundados, lacuna esta que tem suscitado dúvidas e pontos polêmicos, em virtude de que certas conclusões são abstraídas de fatos interpretativos. Optou-se nesta pesquisa, portanto, enfatizar as idéias semelhantes do ponto

de vista global e, com base nos trabalhos referenciados, sintetizar de forma mais simples a história geológica da área. Tal história será descrita a seguir enfocando os seguintes subitens: unidades geológicas; deformações das unidades geológicas; e, evolução terciária e esculturação atual.

#### 4.2.3.2 Unidades Geológicas

No trabalho de Schobbenhaus (op. cit.), é possível contextualizar as unidades geológicas da região, entretanto, um estudo geológico de mais detalhes da região da Represa de Furnas foi feito por Mattos (1986).

A Tabela 4.2 mostra, de forma sucinta, o que foi levantado por Mattos (op. cit.) no que diz respeito às características litológicas, ciclos e cronologia das unidades geológicas da região pesquisada.

TABELA 4.2 – Relações estratigráficas das unidades geológicas encontradas na região de estudo.

UNIDADE CRONO-ESTRATIGRÁFICA	CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS	CICLOS	CRONOLOGIA
Aluviões	Depósitos fluviais em aluviões, terraços e zonas de inundação.	-	Recente
Grupo Bambuí	Fácies conglomeráticas (do tipo Samburá), arenitos ritmicos, arenitos arcossianos e diamictitos	Brasiliano e Uruçuano	Neoproterozóico
Grupo Araxá	Granada muscovita-xistos, anfíbolitos xistos, muscovita biotita-xistos; muscovita-quartzito-xistos e lentes de quartzitos micáceos com fortes evidências de catáclases e metabasitos associados.	Brasiliano e Uruçuano	Pré-Cambriano Superior
Grupo Canastra	Clorita xistos com lentes de metacalcários piritosos, muscovita xistos e quartzitos muscovíticos, quartzitos maciços, filitos e ardósias e metaconglomerados.	Brasiliano e Uruçuano	Pré-Cambriano Superior

FONTE: Modificada de Mattos (1986, p. 39).

Em função da escala de trabalho utilizada na presente pesquisa (1:100.000), a descrição de unidades geológicas que foi adotada neste trabalho teve como base o trabalho de Mattos. Com recursos de geoprocessamento e sensoriamento remoto foi possível elaborar os mapas da Figura 4.5 a partir do levantamento de Mattos (1986). Maiores detalhes de

elaboração do mapa estão descritos no Capítulo 5 – **Procedimentos Metodológicos** desta dissertação.

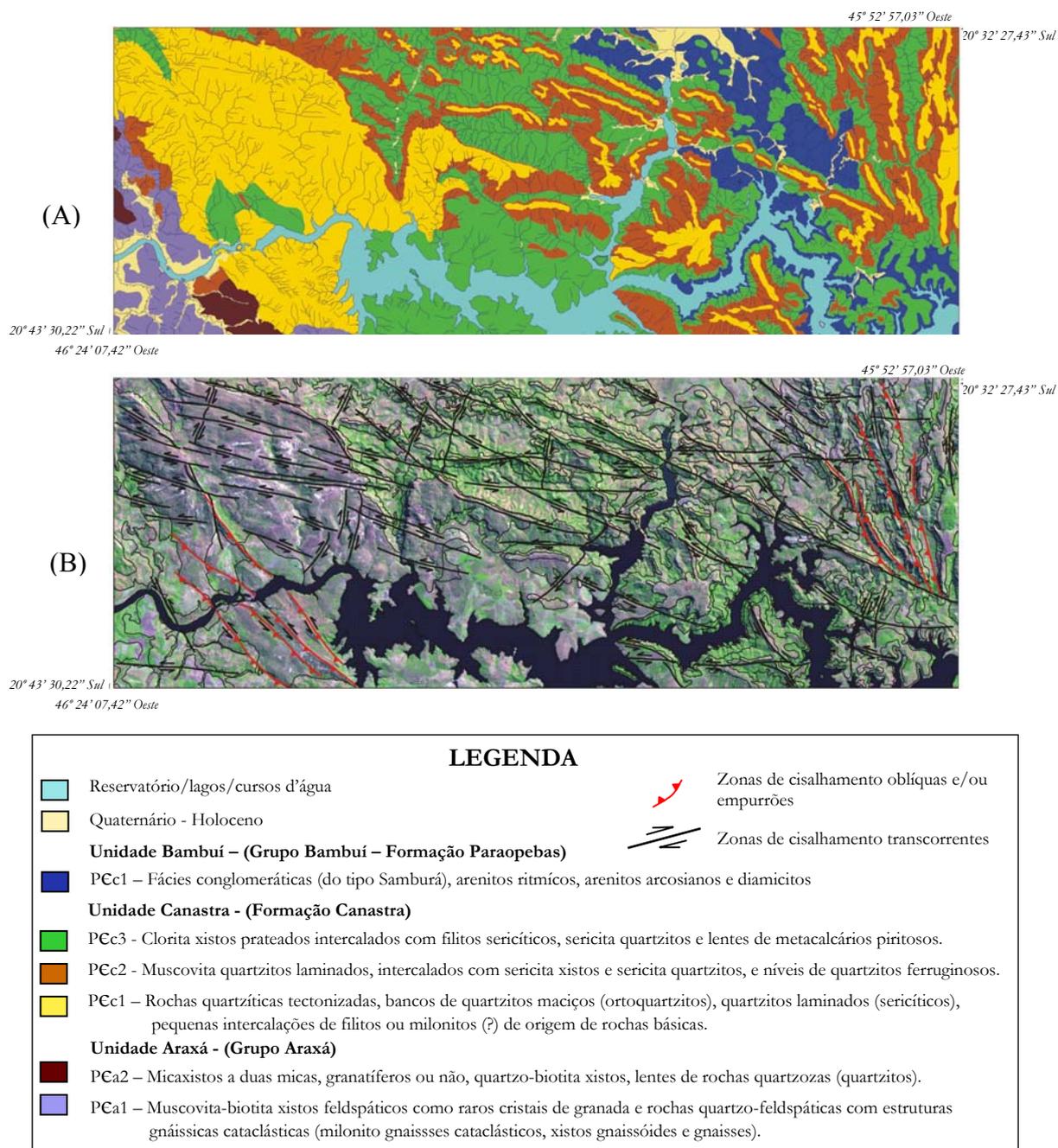


FIGURA 4.5 – Em (A), mapa geológico da área de estudo; em (B), imagem da área de estudo (composição colorida r5-g4-b3, de 16-07-1990) com os contatos das unidades litológicas do mapa e as zonas de cisalhamento reativadas entre 700 e 450 Ma (Ciclo Brasileiro).  
 FONTE: Modificada de Mattos (1986).

#### 4.2.3.3 Gênese e Deformações das Unidades Geológicas

Com base na Tabela 4.1 e 4.2, observa-se que na área ocorrem tipos rochosos diferentes quanto à origem/constituição mineralógica e idades de formação/deformação. Em função destes dados, fica claro que a evolução crustal na região ocorreu em vários ciclos, (desde o Arqueano até o Neoproterozóico), e que as rochas mais antigas foram retrabalhadas sucessivamente. Segundo esse enfoque, verifica-se uma concordância unânime entre os autores mencionados. Entretanto, do ponto de vista da modelagem evolutiva, ocorrem discrepâncias pelos motivos citados anteriormente. Portanto, procurou-se agrupar sinteticamente as características comuns e incontestáveis que constam dos trabalhos prévios de Schobbenhaus et al. (1984), Mattos (1986), Simões et al (1988, 1990), Valeriano (1993), Valeriano et al (1994, 1995) e Simões (1995), dentre outros.

A primeira característica em comum, citada pelos autores mencionados, relaciona-se ao policiclismo e polimetamorfismo, com embaciamento, sedimentação e magmatismo (básico e ácido) associados, ocorridos na região onde se encontra a área de estudo.

Os registros destes fenômenos são encontrados nas unidades geológicas que ocorrem na área estudada (alíneas “c” e “d”) e no entorno desta (“a” e “b”):

- a) Nas rochas embasamentais (Tabela 4.1) datadas de 4.0 a 3.4 Ga, retrabalhadas nos ciclos posteriores;
- b) Nas seqüências vulcano-sedimentares (Tabela 4.1, *greenstone-belts*) datadas de 3.4 a 2.9 Ga, também retrabalhadas posteriormente;
- c) Nas associações de rochas correlacionáveis ao Grupo Araxá e à Formação Canastra (Figura 4.4A, legenda) datadas de 1.7 a 1.5 Ga e 1.5 a 1.3 Ga, respectivamente e,
- d) Nas rochas do Grupo Bambuí datadas de 1.0 a 0.9 Ga (vide legenda do Mapa da Figura 4.4A).

A segunda característica consiste na identificação de estruturas - foliações, dobras, zonas de cisalhamento dúcteis e rúpteis - geradas em fases diferentes que individualizam eventos cinemáticos específicos de cada ciclo. Estas estruturas são identificáveis desde níveis microscópicos até aqueles de megascale.

A terceira característica diz respeito essencialmente à área estudada. Nela ocorrem rochas das unidades correlacionáveis ao Grupo Bambuí, Formação Canastra e Grupo Araxá. Os autores anteriormente mencionados consideram que as duas últimas unidades na região da Represa de Furnas são materiais de cobertura do Proterozóico Médio e Superior, parte deformados no ciclo denominado Uruaçuano ( $\pm 1.150$  Ma) e totalmente retrabalhados no Ciclo Brasileiro (700-450 Ma). Já as rochas do Grupo Bambuí constituem uma cobertura posterior, do tipo cratônica, que se estende por grandes áreas nos estados de Minas Gerais e Goiás. Suas bordas, como é o caso da região estudada, podem estar deformadas refletindo as fases finais do Ciclo Brasileiro. Conseqüentemente, os autores concordam com relação aos fatos das áreas de ocorrência das rochas em questão terem inicialmente características de bacias, onde ocorreu sedimentação e, posteriormente, uma inversão de relevo<sup>5</sup>, com o desenvolvimento de movimentação tectônica e metamorfismo.

A quarta característica relaciona-se aos movimentos tectônicos durante o Ciclo Brasileiro que deram origem a *nappe de charriage* e estruturas associadas, que envolvem as unidades Araxá, Canastra e bordas do Bambuí.

A partir destes pontos em comum, cada autor desenvolveu um modelo de evolução tectônica. Como resultados existem argumentos que apontam para “faixa de dobramentos”, “zonas de cisalhamento” e “zona de subducção”.

Como não é objetivo deste trabalho chegar ao âmago das questões evolutivas, procurou-se dar ênfase aos fenômenos que influenciaram a esculturação pretérita (Pré-Cambriano) do meio físico e àqueles de tempos mais recentes (Terciários) que praticamente configuraram a paisagem, tal qual se observa na atualidade.

Ao observar a imagem (Figura 4.5B), destacam-se várias feições de relevo e drenagem como escarpas, cristas, vales e ravinas orientadas segundo direções bem definidas. A sobreposição do mapa Geológico (Figura 4.5A) com a imagem da área evidencia que a orientação das feições mencionadas é controlada por lineamentos com significado geológico (zonas de cisalhamento). Estes lineamentos são representantes de antigas linhas de fraquezas crustais (Veneziani, 1987; Santos et al., 2000) ao longo das quais ocorreram

---

<sup>5</sup> Inversão de relevo: o que antes era uma bacia de sedimentação passa a ser uma cadeia de montanhas.

movimentos diferenciados durante o transcorrer do tempo geológico. A causa desta diferenciação na área estudada relaciona-se à orientação dos tensores de esforços que migraram em função dos movimentos de afastamento e aproximação das placas, no caso específico, litosféricas, durante os ciclos evolutivos que afetaram a região.

Mattos (1986), em seu estudo na área da represa de Furnas através de produtos de sensoriamento remoto aliados às observações de campo, identificou na região um sistema de cisalhamento com orientação da direção principal (Y, D) em torno de N55°W (Figura 4.6 e 4.7). A Figura 4.8 mostra o modelo das discontinuidades de Riedel e exemplifica como são os movimentos relativos ao longo das famílias de zonas de cisalhamento que se desenvolvem quando uma determinada região é submetida a esforços compressivos.

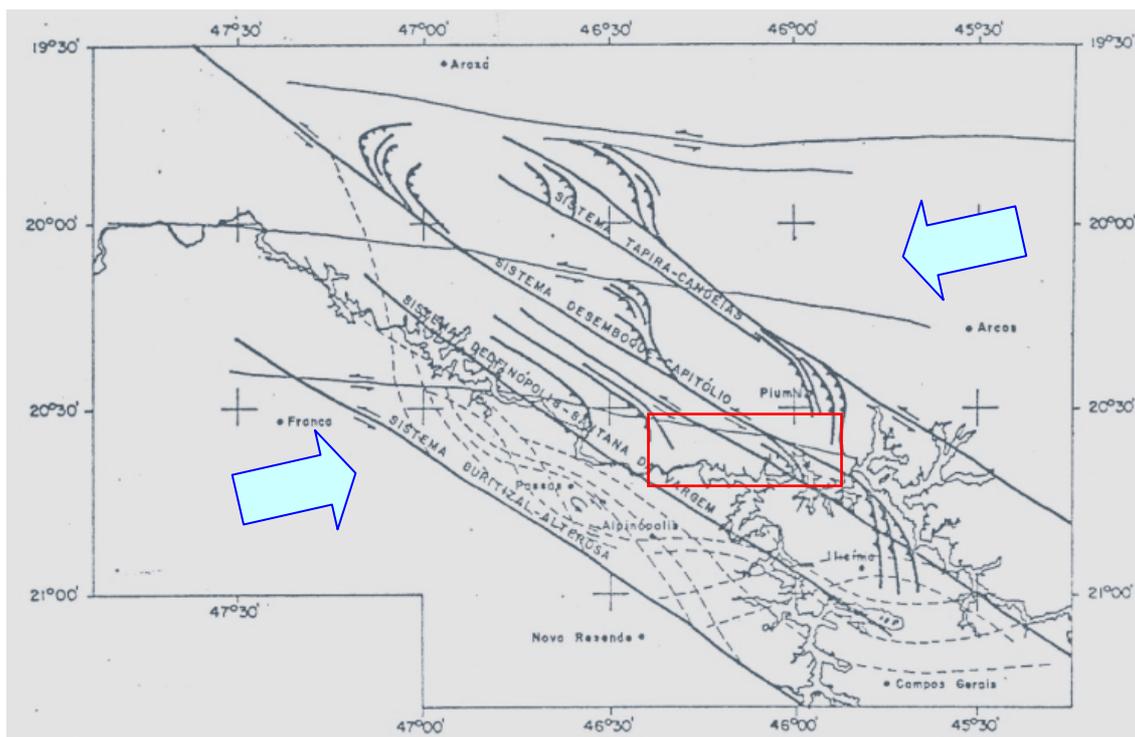


FIGURA 4.6 - Esquema mostrando as principais estruturas da área da represa de Furnas, proposto por Mattos (1986). As setas azuis representam os sentidos dos esforços principais que comprimiram as rochas da região, durante a convergência de placas litosféricas, dando origem às zonas de cisalhamento. No detalhe, em vermelho, a área de trabalho desta pesquisa.

FONTE: Modificada de Mattos (1986, p. 116).

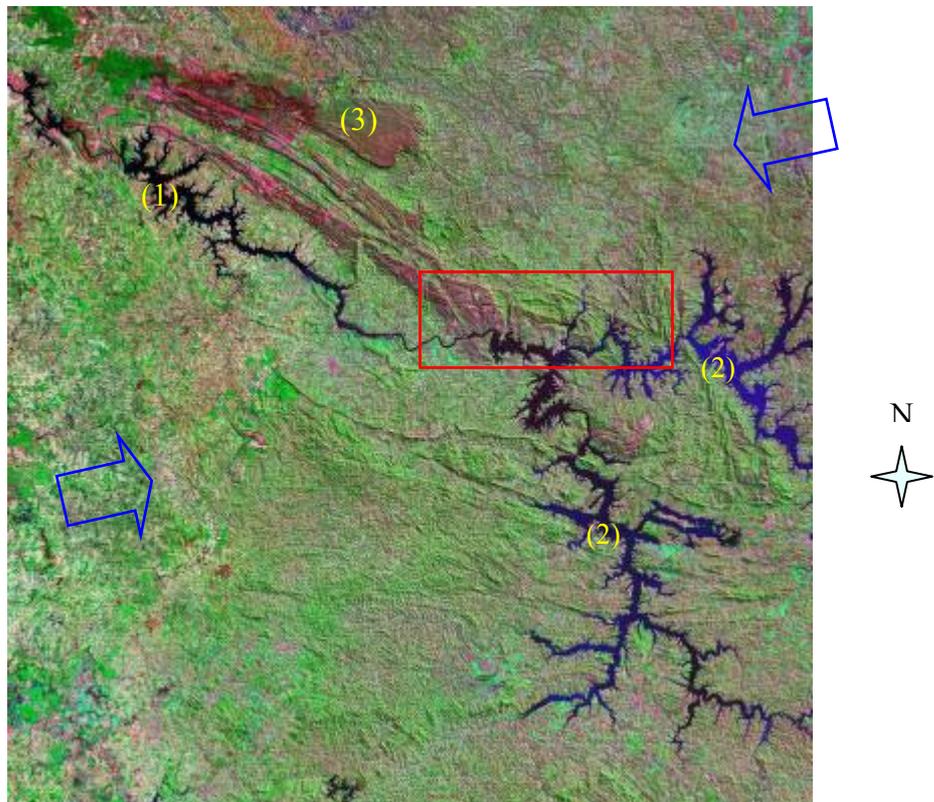


FIGURA 4.7 - Mosaico do Landsat 5 TM, RGB 7-4-2, data de  $1990 \pm 3$  anos, mostrando os reservatórios da UHE de Peixoto (1), da UHE de Furnas (2) e a Serra da Canastra (3), com destaque em vermelho para a área de estudo. Notar a orientação dos principais lineamentos estruturais presentes na região de estudo, em função de esforços convergentes (setas azuis). Comparar com a Figura 4.6 e esquema da Figura 4.8.

FONTE: Modificada de Nasa (2003).

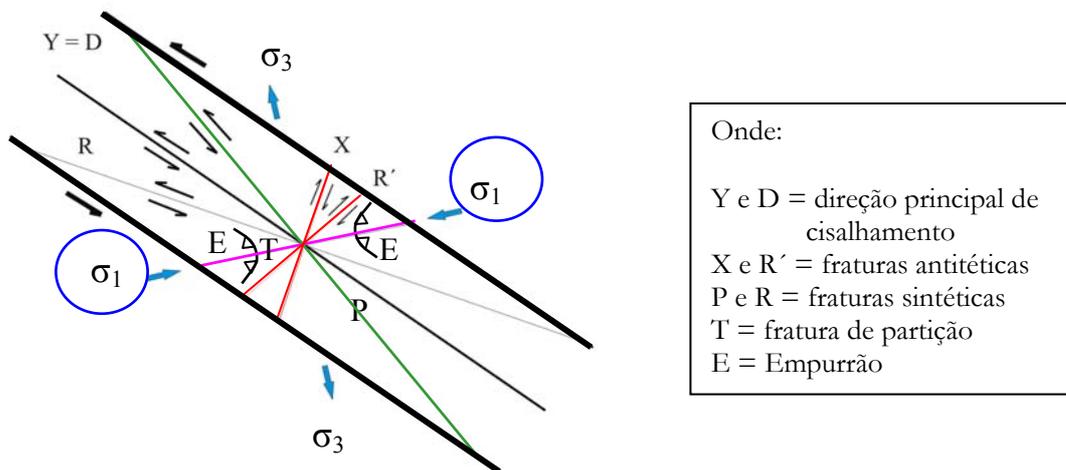


FIGURA 4.8 – Modelo das descontinuidades de Riedel. As setas dos círculos azuis mostram a orientação do esforço tensor principal ( $\sigma_1$ ). As outras duas setas azuis representam a orientação do esforço trativo ( $\sigma_3$ ).  
 FONTE: Modificada de Hasui e Mioto (1992, p.15).

As movimentações ao longo das linhas de fraquezas crustais, verificadas por Mattos (1986), foram observadas no campo pelo geólogo que acompanhou os trabalhos e estão relacionadas aos tempos Meso a Neoproterozóicos (2.5 a 0.9 Ga) quando, inclusive, desenvolveu-se a *nappe de charriage* já referenciada, indicando um fluxo de massa rochosa (vergência) de sudoeste para nordeste. Este ciclo de encurtamento crustal relaciona-se com a fase de aproximação das placas litosféricas e é responsável pelo metamorfismo e deformação das rochas do Grupo Araxá, da Formação Canastra e das bordas do Grupo Bambuí, na região, afetando inclusive as litologias mais antigas.

Como a natureza das rochas Araxá-Canastra indica uma origem sedimentar, obviamente em tempos pré-meso proterozóicos ocorreram fenômenos adequados ao desenvolvimento de embaciamento e sedimentação, devidos ao afastamento das placas litosféricas.

Durante esta fase de instalação da bacia criaram-se condições propícias para o adelgaçamento crustal com a formação de estruturas distensivas. Os movimentos ao longo das antigas linhas de fraquezas crustais foram inversos àqueles da fase anteriormente

descrita. Na Figura 4.9 está esquematizado o modelo das descontinuidades de Riedel durante a fase de embaciamento, ou seja, de afastamento das placas litosféricas.

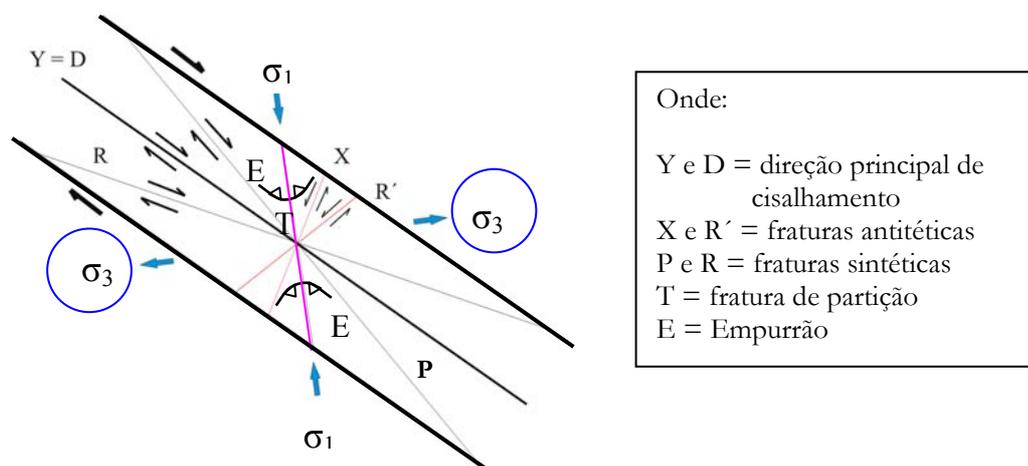


FIGURA 4.9 – Modelo das descontinuidades de Riedel. As setas circuladas em azul mostram a orientação do esforço tensor trativo ( $\sigma_3$ ). As duas outras setas azuis representam a orientação do esforço compressivo ( $\sigma_1$ ).  
 FONTE: Modificada de Hasui e Mioto (1992, p.15).

Deformações devidas a esta fase distensiva são encontradas nas rochas embasamentais (4.0 a 3.4 Ga) e nas seqüências vulcano-sedimentares (3.4 a 2.9 Ga) como atestaram os autores já mencionados. A Figura 4.10 mostra simplificada detalhes da estruturação extensional (distensiva) desta fase, em nível rúptil e em nível dúctil, que ocorreu em regiões localizadas e que deu origem ao embaciamento.

Em resumo, a história pré-cambriana da região, com enfoque principal nos terrenos Araxá-Canastra, consistiu em: afastamento de placas - sedimentação e aproximação de placas – inversão do relevo, sempre controlados pelas antigas linhas de fraquezas crustais.

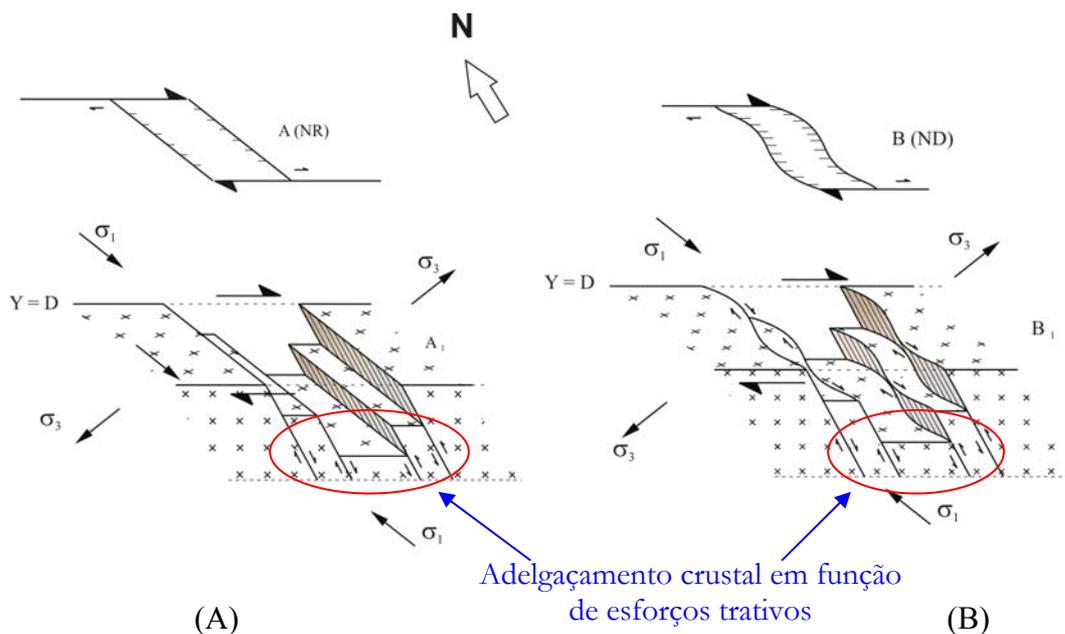


FIGURA 4.10 – Em (A), estrutura do tipo romboédrica (nível rúptil). Acima em planta, abaixo em 3 dimensões. Em (B), estrutura do tipo *releasing bend* (nível dúctil). Acima em planta, abaixo em 3 dimensões.  
 FONTE: Modificada de Biddle e Christie-Blick (1985).

#### 4.2.3.4 Evolução Terciária e Esculturação Atual

A partir do final do pré-cambriano, o território brasileiro estabilizou-se. Houve a predominância dos fenômenos distensivos sobre os compressivos (estes localizados e conseqüentes dos primeiros). Três fases são destacadas: durante o Paleozóico (idade entre 540 a 250 Ma), com picos associados à reativação wealdeniana (Almeida, 1967) no Mesozóico (250 a 65 Ma) e Terciário (65 a 0.01 Ma).

Foi essencialmente neste último período, Terciário, que o binômio relevo/drenagem da área estudada teve sua esculturação desenvolvida. As formas atuais, com pequenas alterações, são resultantes deste referido período.

As antigas linhas de fraquezas crustais foram reativadas com movimentação predominante vertical (falhas normais ou de gravidade). Estas linhas de fraquezas reativadas deram origem a *horsts* e *grabens* (Figura 4.11) que constituem os principais fatores responsáveis pelo controle de vales, cânions e cachoeiras da região. Alguns exemplos são ilustrados a seguir, na seqüência que vai da Figura 4.12 à Figura 4.20.

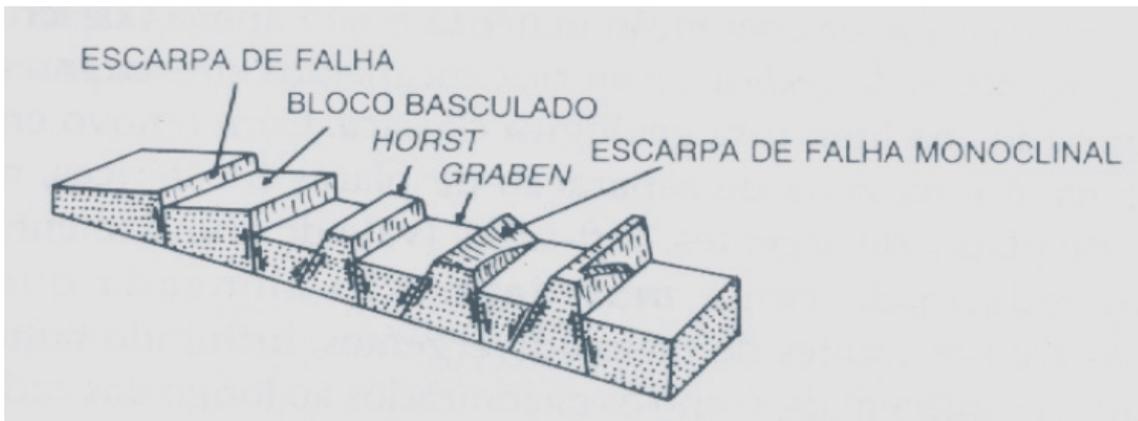


FIGURA 4.11- Exemplos de feições originadas por estruturas de blocos em falhas.  
 FONTE: Modificada de Guerra e Cunha (1995, pág. 85).

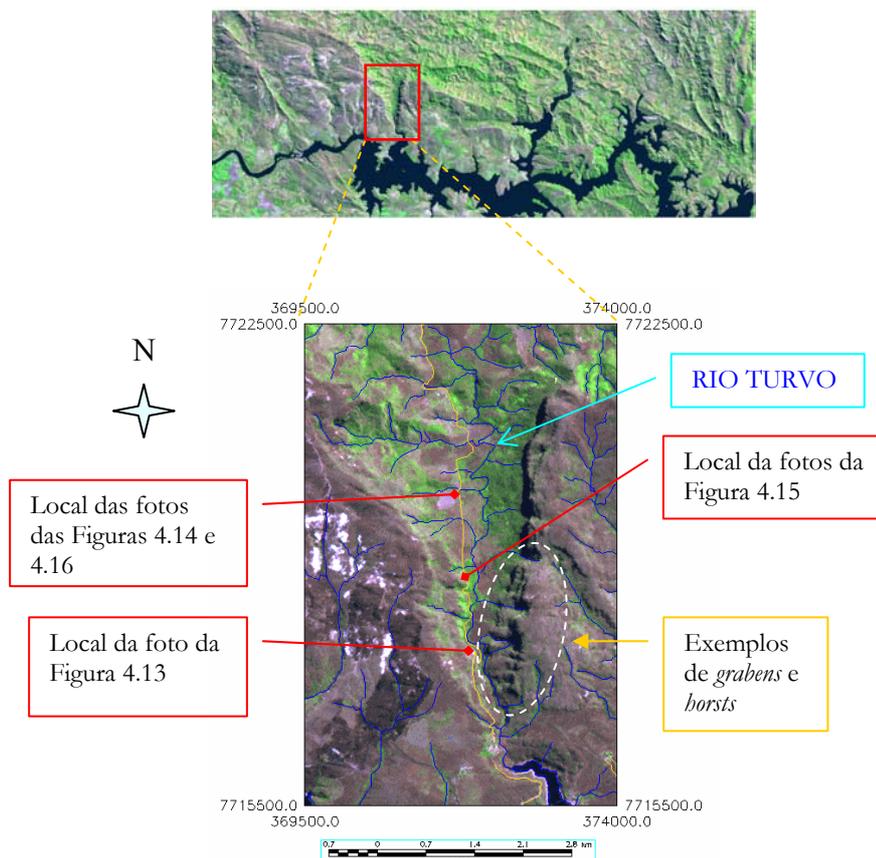


FIGURA 4.12 – Localização das fotos na imagem da área.

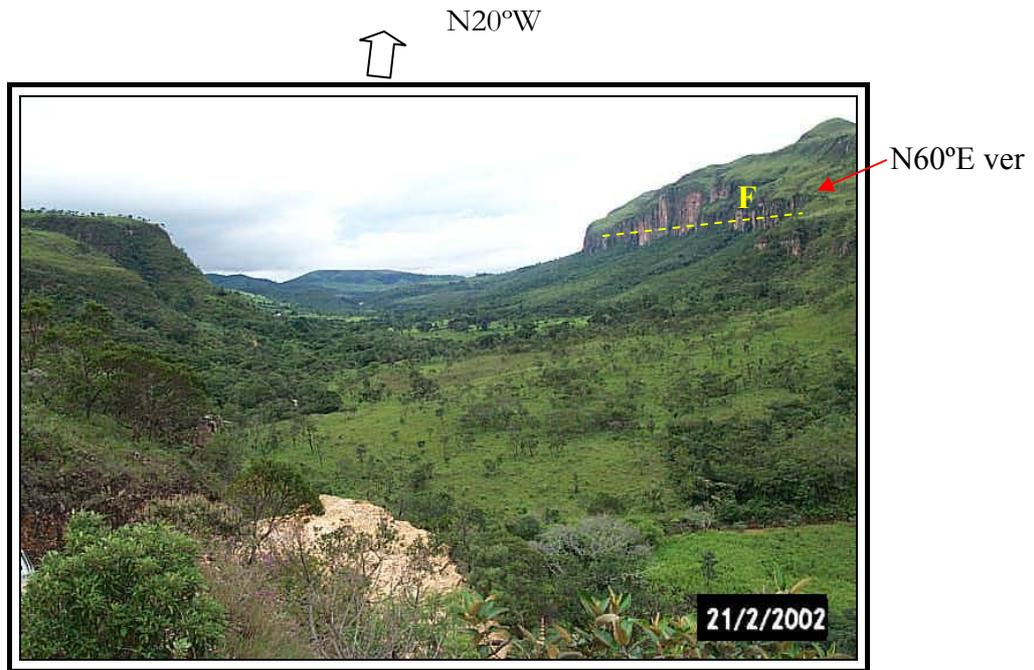


FIGURA 4.13 - Vista do vale do Rio Turvo (Município de Capitólio – MG), em visada para norte, onde é possível perceber, ladeando o rio, estruturas originadas no Terciário por movimentação de blocos de falhas. O plano de falha é indicado pela letra F (N60°E vertical).

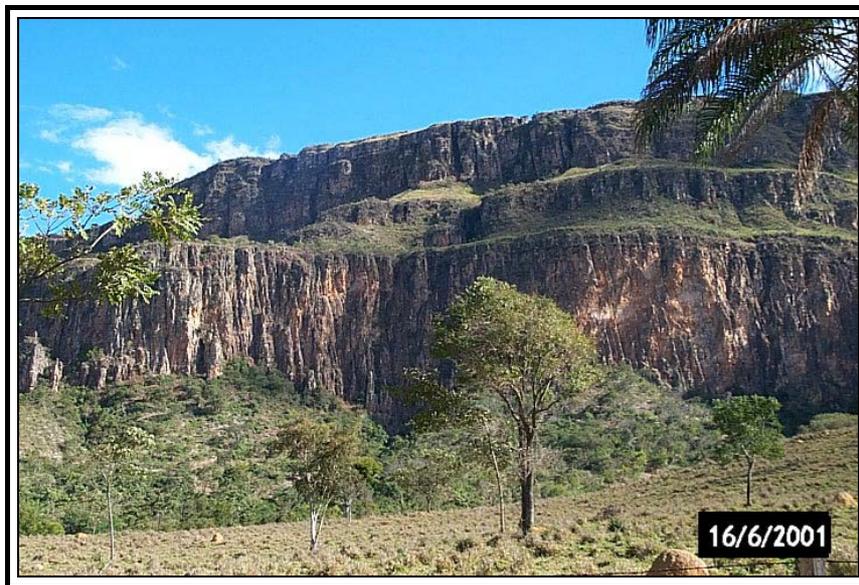


FIGURA 4.14 - Vista ao longo do vale do Rio Turvo (Município de Capitólio – MG), em visada para oeste, mostrando os paredões com detalhes da movimentação dos blocos ocorrida no Terciário, dando origem a *grabens* (vale do rio) e *horsts* (paredões).



FIGURA 4.15 - Vista ao longo do vale do rio Turvo (Município de Capitólio – MG), em visada para nordeste, mostrando detalhes dos paredões (*grabens*).



FIGURA 4.16 - Vista ao longo do vale do rio Turvo (Município de Capitólio – MG), em visada para oeste, mostrando os paredões com detalhes da movimentação dos blocos ocorrida no Terciário, dando origem a *grabens* (vale do rio) e *horsts* (paredões).



FIGURA 4.17 - Nas fotos superiores, detalhes dos paredões de quartzito da Cachoeira da Cascata, divisa de município entre São João Batista do Glória (paredão direito) e Capitólio (paredão esquerdo), Minas Gerais. Na gravura (A), sentido de visada para sul, onde:  $S_0$  é o plano de acamamento e NS e EW são as direções de planos de falha verticais aproximadamente NS e EW, respectivamente. Em (B), foto tirada no mesmo sentido de visada, porém caminhando alguns metros adiante para norte. Notar o padrão “zig-zag” dos paredões em decorrência das fraturas sofridas pelas movimentações dos blocos de quartzito. Estas fraturas seguem padrões angulares de orientação das antigas linhas de fraquezas crustais mostradas em (A). Os padrões também se repetem em outras localidades visitadas, como nos paredões do Paraíso Proibido (C) e na Trilha do Sol (D), em Capitólio - MG. Notar a presença das linhas de fraturas indicadas pelas setas.

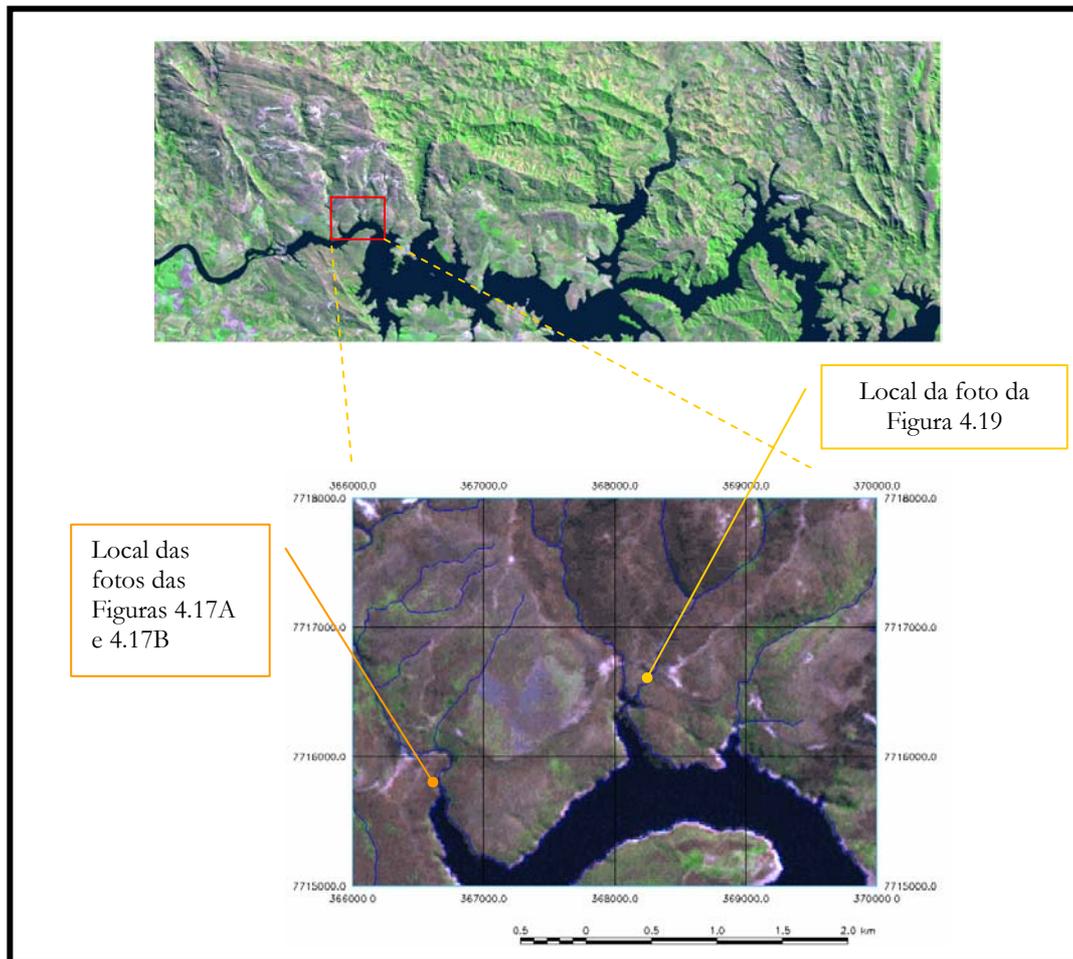


FIGURA 4.18 - Localização das fotos na imagem da área.

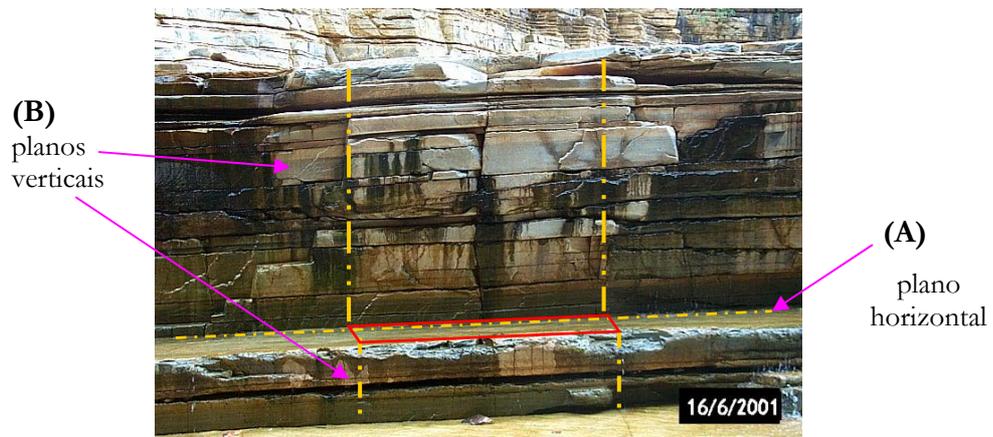


FIGURA 4.19 - Detalhes das camadas de quartzito na Cachoeira da Cascata, divisa de Município de Capitólio e São João Batista do Glória - MG. Notar a disposição da rocha em camadas horizontais (A), conseqüência da origem sedimentar do arenito, posteriormente metamorizado em quartzito, e os planos verticais (B) correspondentes a fraturas, dando um aspecto de escada.

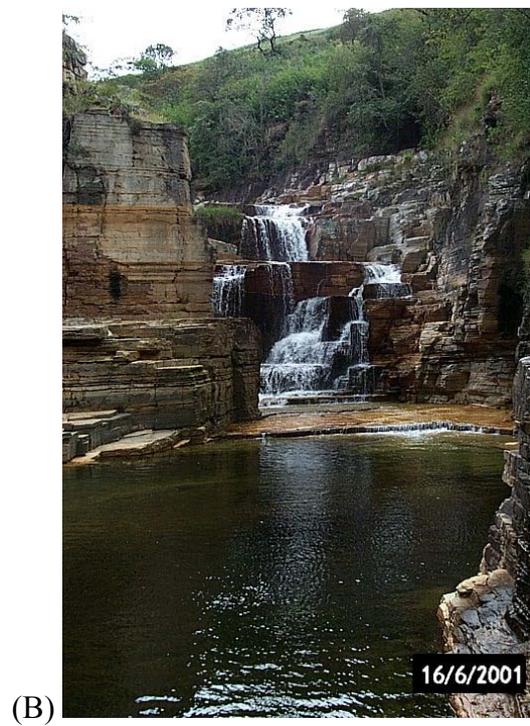


FIGURA 4.20 - Detalhes das camadas de quartzito da Cachoeira dos Cânions, em (A), Município de Capitólio-MG e da Cascata, em (B), divisa de Município entre São João Batista do Glória e Capitólio (MG). Notar que o padrão em miniatura tipo “escadaria zig-zag” reproduzido na foto superior, das fraturas do quartzito, é o mesmo que dá origem à cachoeira da foto inferior.

#### **4.2.4 Geomorfologia**

A Geomorfologia, como ciência que estuda as formas do relevo, reveste-se de uma fundamental importância para a compreensão da paisagem e sua dinâmica, podendo respaldar as ações de planejamento em turismo ecológico principalmente nas práticas de educação ambiental, através de trilhas interpretativas, bem como fornecer elementos a órgãos de gestão sobre as formas de utilização racional do relevo.

A compartimentação das unidades geomorfológicas da área de estudo foi feita a partir de atributos discrimináveis nas imagens orbitais e fotografias aéreas apoiados nas feições litoestruturais, pois é possível perceber uma nítida influência das propriedades físico-químicas e das estruturas das rochas nas formas de relevo, como destacado anteriormente no tópico de geologia. Nesta compartimentação foram utilizados também levantamentos preexistentes sobre a geomorfologia da região e o sistema de cartografia geomorfológica proposto por Ross (1992). Para exemplificar o que foi pesquisado e cartografado, são também apresentadas algumas formas de relevo específicas levando-se em consideração aspectos de compreensão da paisagem que possam contribuir para atividades de planejamento em ecoturismo.

##### **4.2.4.1 Descrição da Geomorfologia da Região**

Para a compreensão dos elementos geomorfológicos encontrados na área de estudo, da mesma forma que na descrição da geologia, faz-se mister extrapolar a análise para além dos limites da área, pois desta forma é possível contextualizá-la em função dos modelados e processos que ocorrem no entorno e que se refletem para o interior da porção estudada. Na Figura 4.21, que mostra o entorno e os limites da área de estudo, é possível observar a rugosidade topográfica na textura da imagem e identificar algumas feições que evidenciam a beleza cênica da região.

Observando a porção leste da área de estudo, verifica-se pela textura rugosa um padrão em forma de leque, que representa um conjunto de serras que se estendem até à outra margem do Lago de Furnas. Na sua porção oeste, parte do prolongamento do Chapadão da Babilônia estende-se para o interior da área de pesquisa. Esta unidade, que se constitui nos altos platôs de metaquartzito da Serra da Canastra, tem sido muito visada para extração de

quartzito. Entretanto, este prolongamento do Chapadão merece uma atenção especial no sentido de preservação, pois se tratam também dos limites, definidos por lei, do Parque Nacional da Serra da Canastra, representando importante “área-tampão” de diversidade biológica.

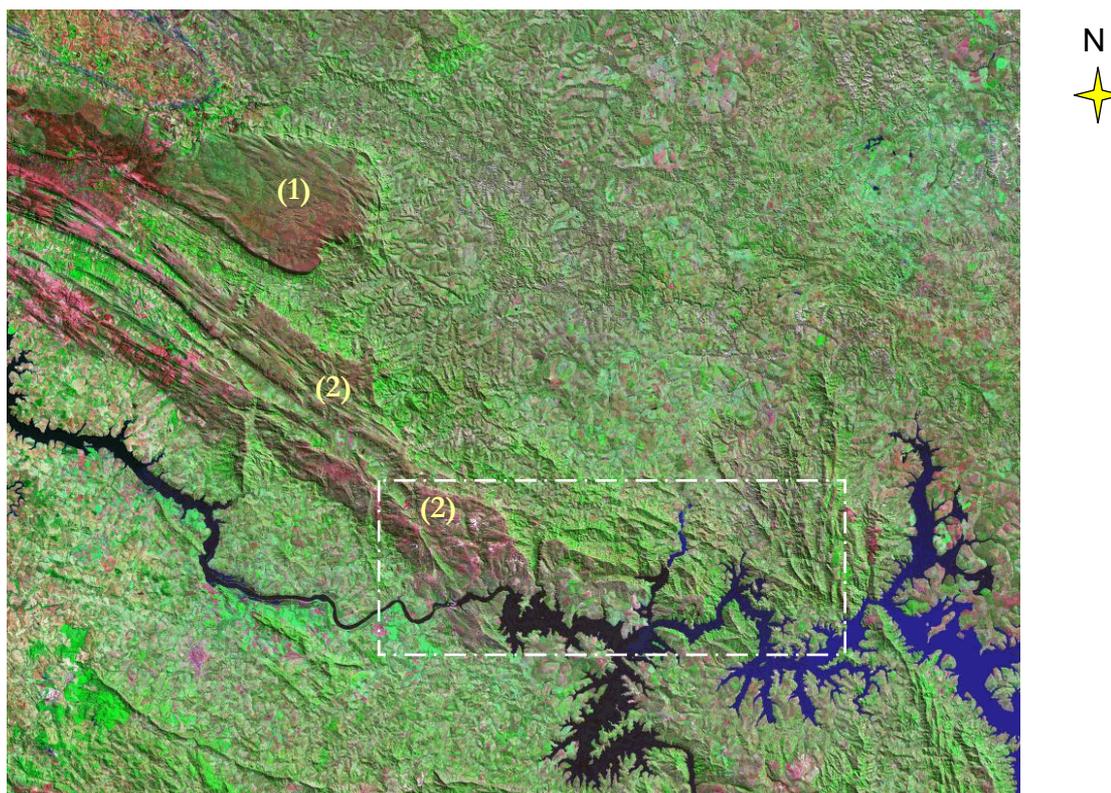


FIGURA 4.21 – Entorno da área de pesquisa mostrando a Serra da Canastra (1) e o Chapadão da Babilônia (2), cujo prolongamento se estende para o interior da área de pesquisa (retângulo tracejado em branco).  
FONTE: Modificada de NASA (2003).

Uma grande contribuição nas investigações geomorfológicas desta área foi dada por Camargo et al. (1962) por ocasião do estudo de reconhecimento de solos da região sob influência do reservatório de Furnas, à época da instalação da UHE de Furnas. Este estudo foi posteriormente corroborado por Almeida et al. (1972) e Mattos (1986).

Os referidos autores assinalam que, de um modo geral, a área do reservatório de Furnas apresenta uma paisagem com formas acidentadas de relevo, compondo um conjunto de pequenos platôs de 1.200 a 1.300 m de altitude, que constituem testemunhos de antigos

peneplos. Entre as superfícies dos platôs, por vezes limitados por encostas abruptas, ocorrem áreas de modelado montanhoso, com espigões subparalelos, que apresentam cristas de vertentes assimétricas. A orientação dominante é de noroeste para sudeste, devido à inclinação acentuada das unidades embasamentais, que apresentam mergulhos gerais para sudoeste. Intercaladas a estas seções dissecadas, verificam-se algumas porções deprimidas, de modelado colinoso.

De acordo com Camargo et al. (1962) a área do reservatório de Furnas pode ser segmentada em quatro unidades geomórficas<sup>6</sup>, considerando a altitude e a erosão multicíclica. Estas unidades são: superfícies de aplainamento dos altos platôs; superfície dissecada de topografia montanhosa e morros residuais; superfície rebaixada dos patamares colinosos; e superfícies dos terraços e aluviões atuais e recentes. Segue um resumo da descrição de cada unidade feita por Camargo et al. (op. cit.).

#### 1. Superfície de Aplainamento dos Altos Platôs

Esta unidade é a mais velha superfície de erosão e é representada pelas altas superfícies de aplainamento, constituindo testemunhos de antigo peneplano e cujas altitudes oscilam entre 1.200 a 1.300 m. Estas porções de relevo chapado nos altos das serras predominantemente quartzíticas, se constituem nos principais divisores de águas. Esta superfície forma o teto da área estudada, integrado pela cumeada de contrafortes, cristas das pequenas serra vizinhas e disjunções de platôs. São seções do maciço da Serra da Canastra que foram isoladas pelos cursos d'água, que entalham profundamente o antigo peneplano, e por áreas mais baixas, trabalhadas por ciclos de erosão subseqüentes.

#### 2. Superfície Dissecada de Topografia Montanhosa e Morros Residuais

Esta unidade apresenta formas de relevo acidentadas, compreendendo porções recortadas de modelado montanhoso, apresentando também pequenas serras adjacentes à superfície anterior. É uma superfície dissecada, bastante afetada pela ação de erosão diferencial, em que são marcantes as formas estruturais. Devido às

---

<sup>6</sup> Unidades geomórficas: termo utilizado por Camargo et al. (1962).

influências estruturais e litológicas (xistos e quartzitos fortemente inclinados), predominam formas de relevo bastante recortadas nas zonas de encostas, que contornam e interpenetram irregularmente as superfícies dos altos platôs, conformando flancos íngremes nas bordas dos platôs e alinhamentos de cristas dos divisores secundários, às vezes profundamente entalhados por profundos vales em “v”, grotas e mesmo gargantas. São freqüentes as escarpas e vertentes com alta declividade, retilíneas ou ligeiramente côncavas, usualmente dissimétricas, devido ao controle tectono-estrutural.

### 3. Superfície Rebaixada dos Patamares Colinosos

Trata-se de uma superfície definida por compartimento deprimido, de extensas plataformas interfluviais bastante rebaixadas, no qual estão compreendidos os pequenos divisores locais. Este compartimento é constituído por superfície senil, relativamente estabilizada e caracterizada por formas suaves que abrangem as áreas rebaixadas e levemente dissecadas, onde os desníveis locais não ultrapassam 50 metros.

### 4. Superfícies dos Terraços e Aluviões Atuais e Recentes

É a mais jovem unidade geomórfica, abrangendo as pequenas bacias de depósitos holocênicos, representadas por superfícies de deposições aluviais, colúvio-aluviais e acumulações orgânicas. Esta unidade de relevo é composta pelas zonas de várzeas, formadas por terraços fluviais, que conformam terrenos baixos, banhados, brejos e pântanos. Constitui feição marcante, em alguns locais, o alargamento das baixadas na porção média e alta dos cursos de tributários dos rios principais.

Para facilitar a compreensão do que foi descrito, a Figura 4.22A mostra a imagem da área (na composição colorida RGB 5-4-3) e a Figura 4.22B, a superfície da área, em 3-D, sendo possível visualizar as unidades mencionadas.

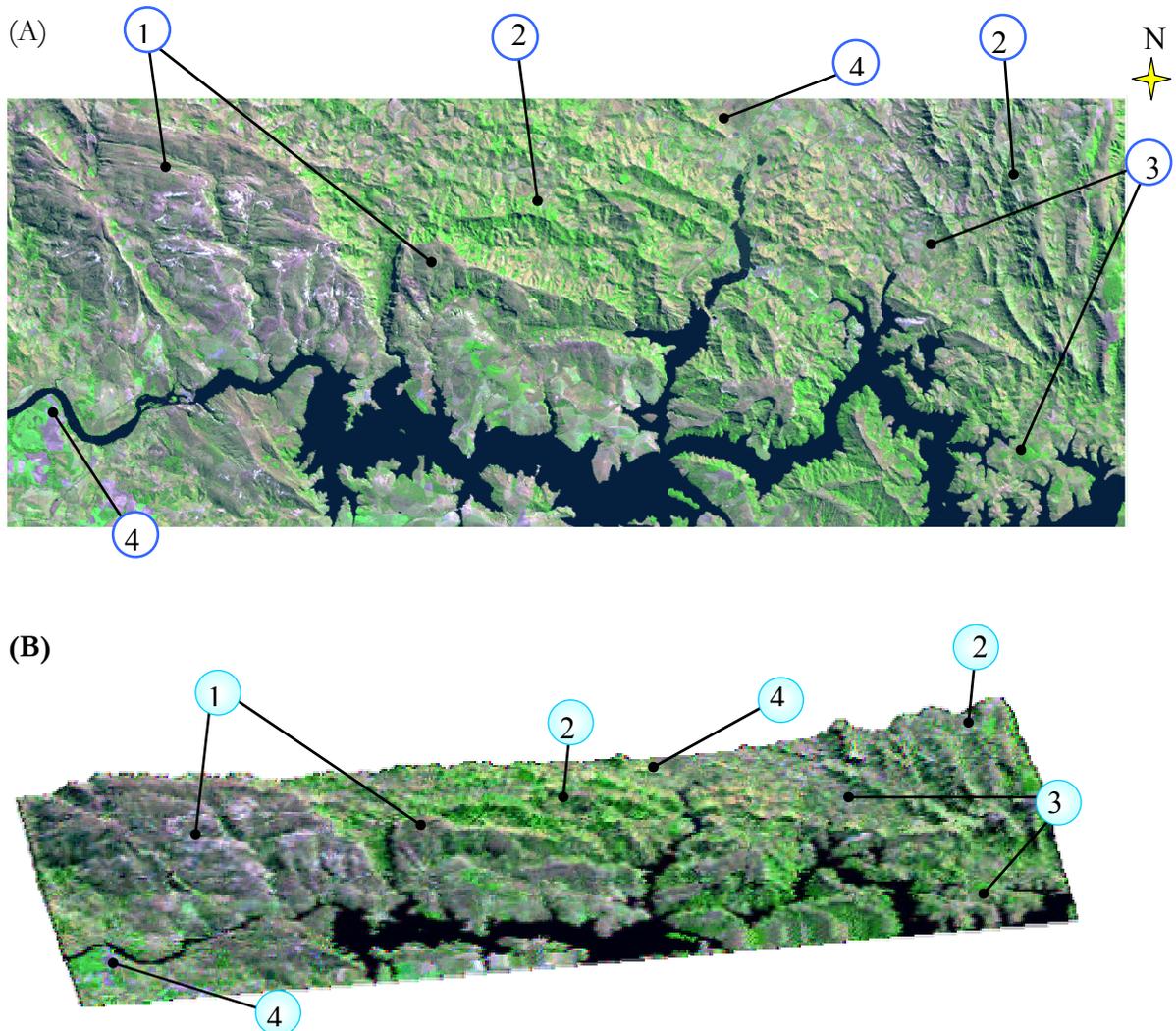


FIGURA 4.22 – Em (A), imagem da área (TM Landsat 5, RGB 5-4-3, 16-07-90) com as indicações das unidades geomórficas a partir da interpretação proposta por Camargo et al. (1962). Em (B), área em 3-D, onde é possível visualizar melhor as superfícies das unidades geomórficas. Legenda: 1- Superfícies de aplainamento dos altos platôs; 2 - Superfície dissecada de topografia montanhosa e morros residuais; 3 - Superfície rebaixada dos patamares colinosos; 4 - Superfícies dos terraços e aluviões atuais e recentes.

Não obstante a qualidade das descrições geomorfológicas feitas por Camargo et al. (1962), convém salientar que este levantamento foi feito para toda a área do reservatório da UHE de Furnas. Assim, julgou-se necessário um “refinamento” desta classificação de relevo para a área de estudo, no sentido de adequá-la à escala de trabalho e, principalmente, aos

objetivos da pesquisa, visando compreender a paisagem no sentido da obtenção de elementos para atividades de ecoturismo. Para esta adequação, considerou-se os elementos passíveis de identificação nas imagens orbitais da área e utilizou-se a proposta de cartografia geomorfológica feita por Ross (1992).

Ross (op. cit.) apresenta uma proposta taxonômica do relevo fundamentada nos postulados de Walter Penck (1953), que leva em consideração as forças endógenas<sup>7</sup> e exógenas<sup>8</sup> que atuam conjuntamente e dão origem ao modelado da superfície terrestre. Ross também se apóia nos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura de Guerasimov (1946) e Demek (1968). Nesta concepção, todo relevo terrestre pertence a uma determinada estrutura que o sustenta e mostra um aspecto escultural decorrente do tipo climático que atuou e continua atuando nessa estrutura.

A classificação taxonômica de Ross é baseada em **seis táxons** decrescentes. O **primeiro táxon** refere-se à morfoestrutura, cujas características genéticas e estruturais definem um determinado padrão de grandes formas do relevo. O **segundo táxon** refere-se às unidades menos extensas inseridas nas morfoestruturas, que são as morfoesculturas. Em uma determinada unidade estrutural pode-se ter uma ou mais unidades morfoesculturais, geradas pela ação climática ao longo do tempo geológico.

O **terceiro táxon** refere-se às unidades morfológicas ou aos “Padrões de Formas Semelhantes” de relevo, contidas nas unidades morfoesculturais. Estes se distinguem pela rugosidade topográfica ou índice de dissecação do relevo, bem como pelo formato de topos, vertentes e vales de cada padrão existente. Estas formas de relevo, quando individualizadas dentro de cada unidade de Padrão de Formas Semelhantes, dão origem ao **quarto táxon**. Assim uma unidade de Padrão de Formas Semelhantes constitui-se por grande número de formas de relevo semelhantes entre si, seja no formato, tamanho e/ou idade.

---

<sup>7</sup> Para Penck, as forças endógenas compreendem os processos *ativos*, comandados pela dinâmica da crosta terrestre (abalos sísmicos, vulcanismo, falhamentos, dobramentos, subsidências e soerguimentos das plataformas) e os processos *passivos*, que se processam de modo imperceptível através da resistência ao desgaste que as litologias e seus arranjos estruturais oferecem à ação dos processos erosivos.

<sup>8</sup> Forças exógenas referem-se aos processos de atuação constante dos fatores climáticos.

O **quinto táxon** diz respeito às vertentes ou setores de vertentes pertencentes a cada uma das formas individualizadas do relevo. Tomando como exemplo a forma de um morro, este pode apresentar o topo e a parte superior da vertente de formato retilíneo e a base, uma conformação côncava, bem como cada setor pode apresentar declividades diferentes.

O **sexto táxon** corresponde às formas menores de relevo produzidas por processos erosivos atuais ou por depósito atuais, seja de origem antrópica ou não. Podem ser citados, como exemplos, as voçorocas, ravinas, cicatrizes de deslizamentos, assoreamentos, aterros, desmontes de morros, dentre outros.

As unidades geomorfológicas da área de estudo foram classificadas no nível de segundo táxon, tomando por base a escala de trabalho de cada mapa temático da pesquisa. Neste procedimento as unidades geomorfológicas foram reclassificadas destacando-se as toponímias locais. Este cuidado se justificou para que haja familiaridade de nomenclatura na localização dos atrativos turísticos. Para a adequação da taxonomia de Ross, algumas unidades geomórficas foram subdivididas.

A unidade “Superfície dissecada de topografia montanhosa e morros residuais” pôde ser subdividida em “**Planaltos do Médio Rio Grande**” e em “**Serras Residuais da Pimenta**”, em função da altimetria. A unidade “Superfícies rebaixadas dos patamares colinosos” pôde ser subdividida em “**Depressão do Médio Rio Grande**” e em “**Depressão do Rio Piumhi**”, em função do sentido da rede de drenagem. As demais unidades que aparecem na área foram denominadas de “**Chapadão da Babilônia e altos platôs**” (para a superfície de aplainamento de altos platôs) e “**Planícies Fluviais Rio Grande/Rio Piumhi**” (para unidade “superfícies dos terraços e aluviões atuais e recentes”).

Para facilitar a compreensão desta reclassificação, a Tabela 4.3 demonstra os critérios adotados de nomenclatura das unidades geomorfológicas, comparando-as com a anterior; a Figura 4.23 mostra o relevo da área em 3-D, com a indicação da nova classificação; e a Figura 4.24 dá a visão da altimetria da área, que foi um dos critérios adotados.

TABELA 4.2 – Quadro demonstrativo das unidades geomórficas (Camargo et al., 1962), unidades de relevo cartografadas na pesquisa e os critérios de nomenclatura da pesquisa.

UNIDADES GEOMÓRFICAS (CAMARGO ET AL., 1962)	UNIDADES DE RELEVO BASEADAS NA CARTOGRAFIA DE ROSS (1992)	CRITÉRIOS DE NOMENCLATURA DA PESQUISA
Superfícies de aplainamento dos altos platôs	Chapadão da Babilônia e altos platôs	Toponímia local
Superfície dissecada de topografia montanhosa e morros residuais	Planaltos do Médio Rio Grande	Toponímia local, altimetria e rede de drenagem
	Serras Residuais da Pimenta	Toponímia local e altimetria
Superfície rebaixada dos patamares colinosos	Depressão do Rio Piumhi	Toponímia local e rede de drenagem
	Depressão do Médio Rio Grande	Toponímia local e rede de drenagem
Superfícies dos terraços e aluviões atuais e recentes	Planícies Fluviais do Médio Rio Grande/Rio Piumhi	Toponímia local

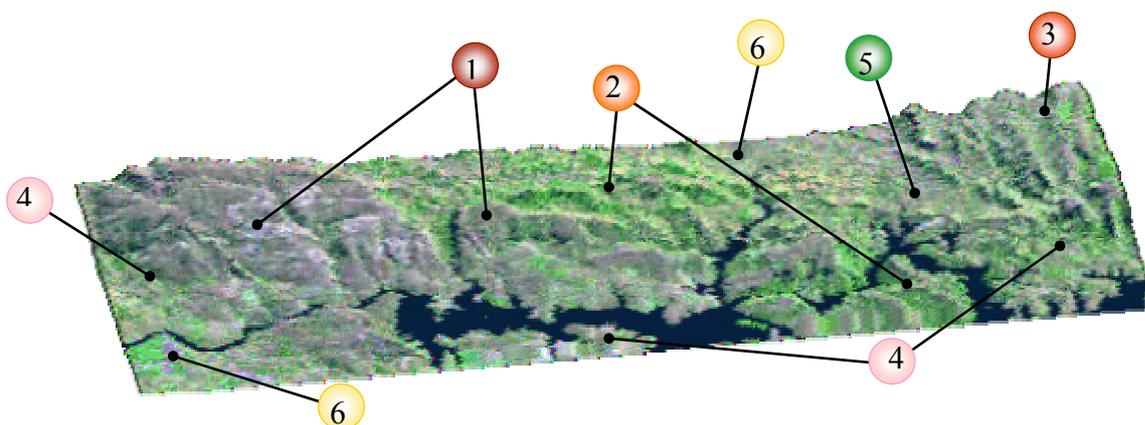


FIGURA 4.23 – Superfície da área de estudo em forma de bloco 3-D, com a identificação das unidades geomorfológicas a partir da interpretação visual do relevo com base na proposta de cartografia geomorfológica de Ross (1992). Legenda: 1 -- Chapadão da Babilônia e altos platôs, 2 - Planalto do Médio Rio Grande, 3 - Serras Residuais da Pimenta, 4 – Depressão do Médio Rio Grande, 5 – Depressão do Rio Piumhi e 6 – Planícies fluviais do Rio Grande/Piumhi.

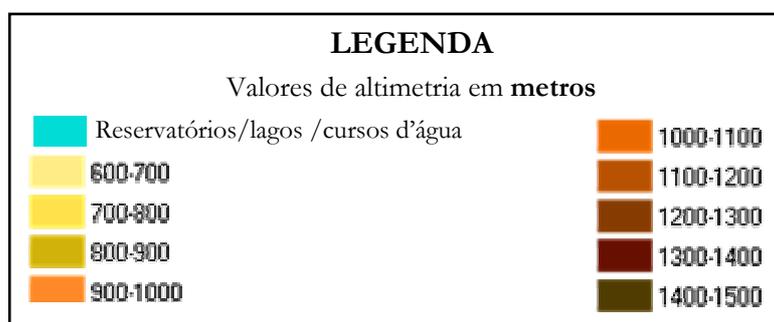
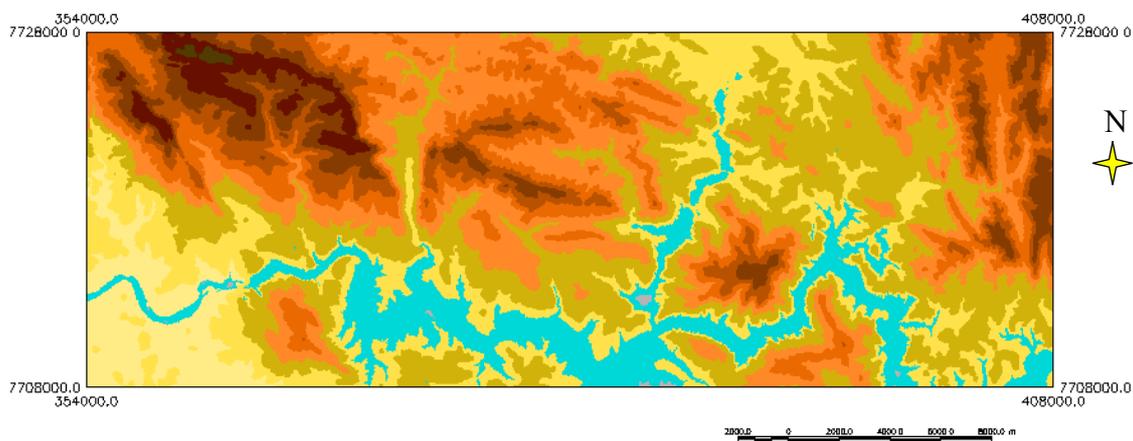


FIGURA 4.24 - Altimetria da área gerada a partir das curvas de nível.

O mapa geomorfológico produzido nesta pesquisa, através da interpretação das imagens orbitais e aéreas, pode ser visto na Figura 4.25B. Na Figura 4.25A foi feita a sobreposição dos limites de cada classe geomorfológica na imagem, a fim de facilitar a visualização dos critérios adotados na interpretação geomorfológica durante a elaboração do mapa, seguindo a taxonomia proposta por Ross (1992).

A caracterização das unidades geomorfológicas encontra-se na Tabela 4.4, que traz uma descrição sucinta da tipologia das formas. Para ilustrar a nova cartografia feita, é apresentada uma seqüência de fotos de campo onde é possível observar as características do conjunto de tipo de formas de relevo encontrado, em nível de classificação das morfoesculturas (segundo táxon).

Para facilitar a associação de cada foto com a unidade mapeada, cada grupo de foto traz a cor da respectiva classe no mapa geomorfológico. A seqüência de fotos vai da Figura 4.26 a 4.31.

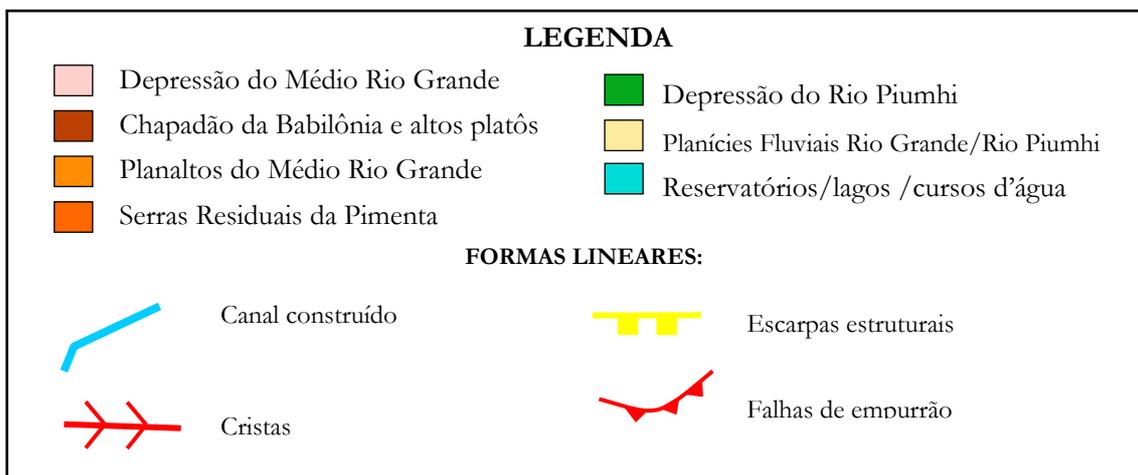
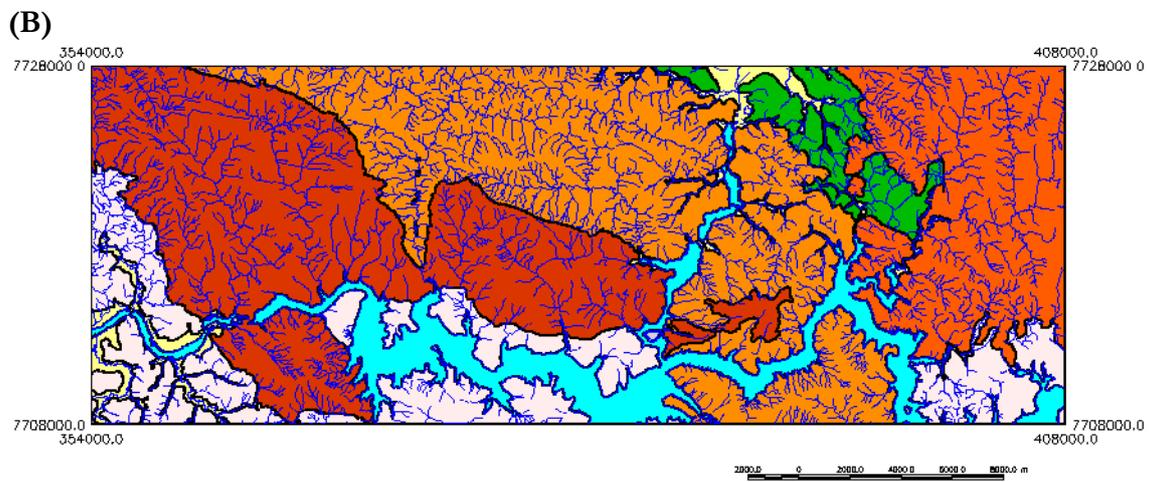
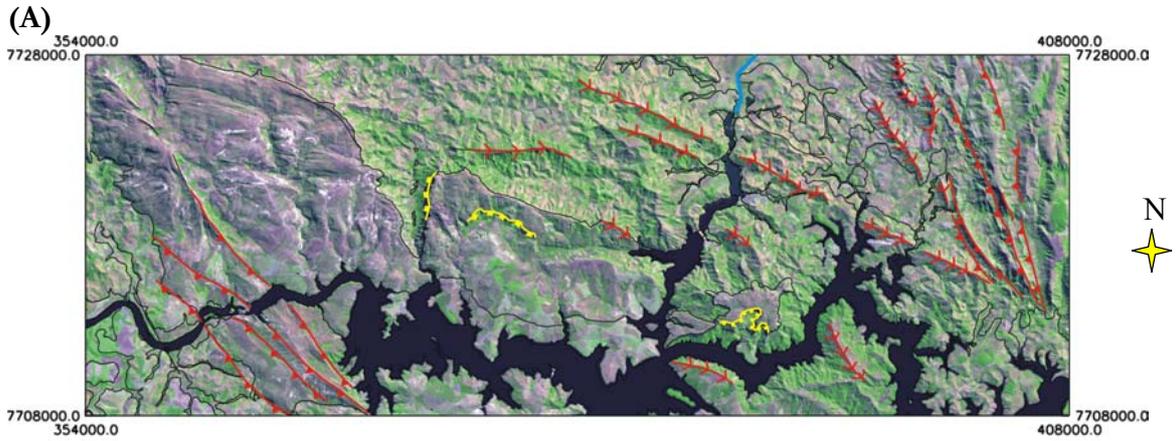


FIGURA 4.25 – Em (A), a imagem da área com a sobreposição do limite das unidades geomorfológicas e símbolos de feições ou elementos. Em (B), tem-se o mapa geomorfológico da área de estudo, elaborado a partir da interpretação de imagens orbitais e fotografias aéreas.

TABELA 4.3 – Classificação das unidades de relevo da área de estudo, de acordo com a metodologia de Ross (1992), a partir da interpretação de produtos de sensoriamento remoto

UNIDADES MORFOESTRUTURAIS	UNIDADES MORFOESCULTURAIS	FOTOS	TIPOLOGIA DAS FORMAS
Metassedimentos Araxá-Canastra	Chapadão da Babilônia e altos platôs 	Figuras 4.26 e 4.27	Superfícies de patamares estruturais de alturas e gradientes variados. Vales em cânions, colinas amplas de topos convexos e de dimensões variáveis.
	Planalto do Médio Rio Grande (fortemente dissecado e com formas aguçadas) 	Figuras 4.28 e 4.29	Morfologia de morros em formas de cristas alongadas e descontínuas de direção noroeste-sudeste, com uma alta densidade de drenagem. Canais estreitos e profundos, vertentes muito inclinadas e, no contexto geral, forte rugosidade topográfica.
	Serras Residuais da Pimenta (planalto com cristas direcionadas) 	Figuras 4.30 (segundo plano), 4.31 e Figura 4.33 (fundo)	Relevo montanhoso de formas alinhadas na direção norte-sul, constituído de cristas aguçadas paralelas entre si, sendo que algumas delas terminam com topos convexos amplos. Vales estreitos e profundos (também formam cânions), vertentes inclinadas.
	Depressão do Médio Rio Grande 	Figuras 4.29 (segundo plano) e 4.32	Morfologia de colinas com topos convexos. Vales medianamente entalhados, declividades baixas, densidade de drenagem mediana.
Metassedimentos Bambuí	Depressão do Rio Piumhi 	Figura 4.33 (primeiro plano)	Padrões de formas em colinas baixas, com vales medianamente entalhados. Colinas mais amplas com topos convexos. Declividades mais baixas das vertentes, densidade de drenagem mediana.
Bacias sedimentares cenozóicas		Planície fluvial do Médio Rio Grande	Figura 4.34
		Planície fluvial do Rio Piumhi	Figura 4.35 (em primeiro plano)



## CHAPADÃO DA BABILÔNIA E ALTOS PLATÔS



FIGURA 4.26 – Serra do Juca Leandro (em segundo plano), exemplo dos altos platôs que se constituem um prolongamento do **Chapadão da Babilônia**. A sombra que é vista em primeiro plano provém do paredão da Serra do Cigano, que faz parte do Chapadão da Babilônia.



FIGURA 4.27 - Morro do Chapéu: exemplo de patamar de topo aplainado, cuja superfície do topo constitui um dos patamares sustentado por materiais de diferente resistência à erosão.



## PLANALTO DO MÉDIO RIO GRANDE

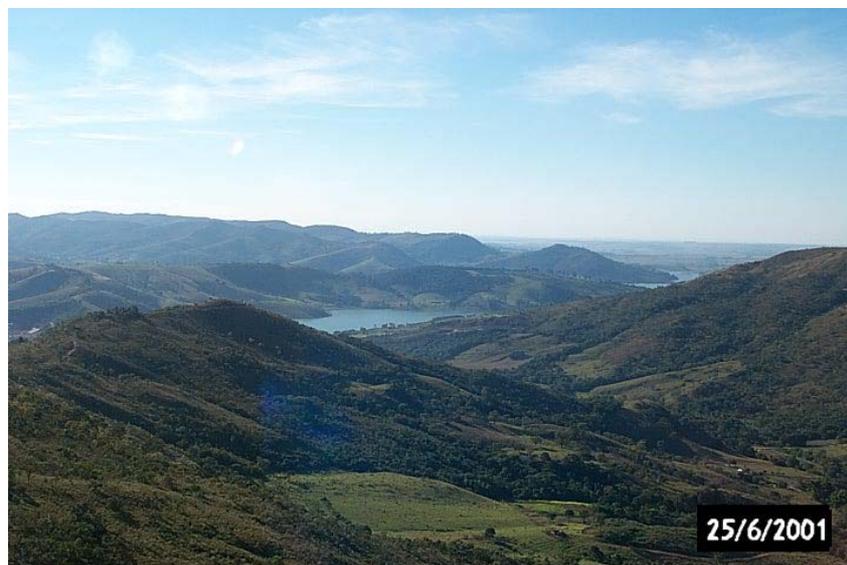


FIGURA 4.28 - **Planalto do Médio Rio Grande**: planalto intensamente dissecado, com cristas aguçadas e orientadas preferencialmente no sentido noroeste-sudeste. A região rebaixada, que é vista ao fundo, é parte da Depressão do Rio Piumhi.

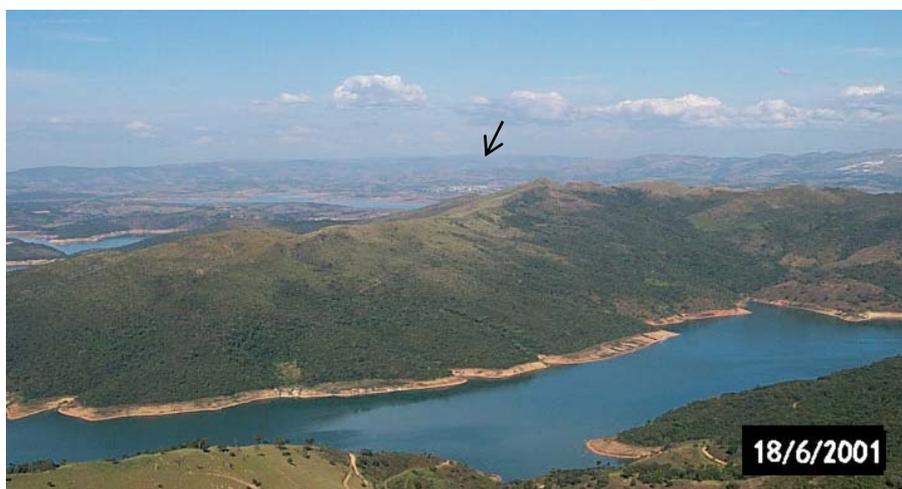


FIGURA 4.29 – Vista, em primeiro plano, de formas de topos aguçados da unidade do **Planalto do Médio Rio Grande**. Em segundo plano, na parte rebaixada atrás da serra, vê-se parte da Depressão do Médio Rio Grande, onde também se avista a cidade de Guapé (região clara indicada pela seta).



## SERRAS RESIDUAIS DA PIMENTA



FIGURA 4.30 – Vista, em primeiro plano, da Depressão do Rio Piumhi. Ao fundo, é possível notar a transição das formas de topo, da direita para esquerda, de convexo amplo para topos aguçados com vertentes retilíneas e côncavas (Morro do Caju), unidade pertencentes às **Serras Residuais da Pimenta**.



FIGURA 4.31 - Morro do Caju: topos aguçados, vertentes retilíneas e côncavas. Cabeceiras em anfiteatro. Exemplo da unidade geomorfológica “**Serras Residuais da Pimenta**”.



#### DEPRESSÃO DO MÉDIO RIO GRANDE



FIGURA 4.32 – Vista de parte da **Depressão do Médio Rio Grande**. Ao fundo, à direita, exemplo de relevo do tipo “hog-back” (localidade fora da área de estudo).



#### DEPRESSÃO DO RIO PIUMHI



FIGURA 4.33 – Vista, em primeiro plano de parte da **Depressão do Rio Piumhi**. Também se vê, em segundo plano, um alinhamento de relevo montanhoso de topos aguçados das Serras Residuais da Pimenta.



## PLANÍCIES FLUVIAIS DO RIO GRANDE/RIO PIUMHI



FIGURA 4.34 - Vista de parte da Planície fluvial do Médio Rio Grande.

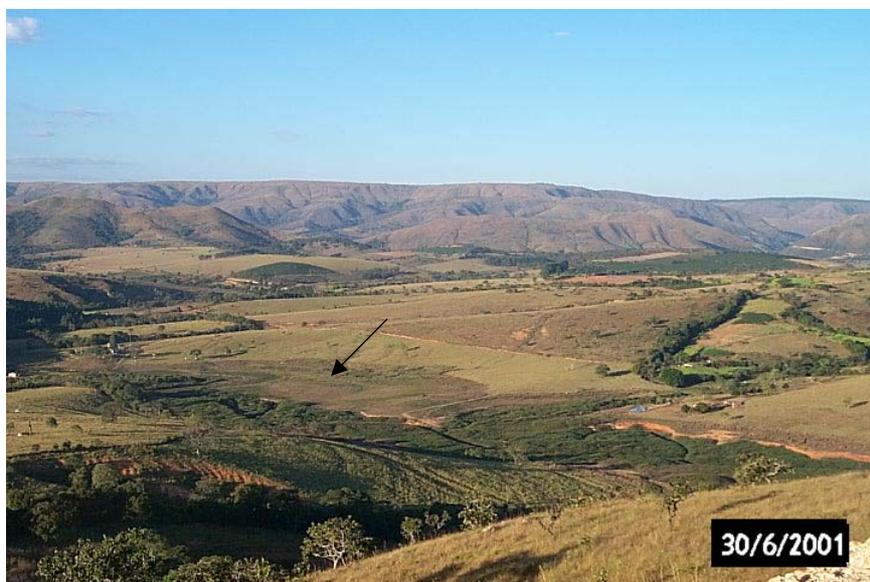


FIGURA 4.35 – Vista, em primeiro plano, de parte da **Planície fluvial do Rio Piumhi** (região escura e rebaixada indicada pela seta) e da Depressão do Rio Piumhi. Ao fundo, formas de topos convexos amplos das Serras Residuais da Pimenta.

#### 4.2.5 Solos

Elementos importantes para a caracterização de ecossistemas, uma vez que se constituem no substrato da cobertura vegetal, os solos entram nesta pesquisa como um dos componentes da paisagem que podem subsidiar algumas análises de planejamento em ecoturismo.

Semelhante idéia é apresentada por Embrapa (2002), quando afirma:

*“A classificação do solo em pontos de amostragem, associada ao Georreferenciamento (latitude, longitude e altitude), é uma ferramenta poderosa para o conhecimento de segmentos da paisagem ou do território como um todo, constituindo uma informação indispensável na estruturação de bases de dados e para os Sistemas de Informação Geográficas (SIGs) para fins de estudos ambientais”.* (Embrapa, 2002).

*“Nesta linha de organização, interpretação e integração da informação, a classificação de solos, do ponto de vista do planejamento territorial, desempenha importante papel na segmentação de paisagens, identificando áreas de maior potencial para fins de utilização e ocupação e áreas impróprias ou não recomendadas, contribuindo desta forma para a preservação ambiental e uso adequado de ecossistemas, dos quais, o solo, é um componente básico”.* (Embrapa, 2002).

Da mesma forma como nos tópicos anteriores de geologia e geomorfologia, o levantamento pedológico da região de estudo foi baseado em levantamentos preexistentes que apresentassem escalas de trabalho compatíveis aos objetivos da pesquisa.

Os levantamentos pedológicos podem ser definidos como a aplicação sintética das informações pertinentes à formação e distribuição geográfica dos diferentes solos existentes em uma determinada localidade (Lepsch, 2002).

Uma vez que não foi possível realizar nesta pesquisa um levantamento pedológico apoiado em um trabalho de campo, dois importantes levantamentos de solos realizados na região subsidiaram a pesquisa, por apresentarem escalas de trabalho razoavelmente adequadas (1:100.000) e áreas de abrangência, em relação à área da pesquisa, complementares. As publicações foram: “Levantamento de reconhecimento dos solos da região sob influência do reservatório de Furnas” de Camargo et al. (1962), já anteriormente mencionada no

tópico de geomorfologia, e a outra foi “Reconhecimento detalhado e aptidão agrícola dos solos em área piloto no sul de Minas Gerais” de Almeida et al. (1972).

Convém ressaltar que, ambos levantamentos representam momentos distintos da Ciência Pedológica no Brasil<sup>9</sup>, apresentando cada qual uma classificação de nomenclaturas de solos diferenciadas e atualmente em desuso, em função da data de suas publicações.

Uma importante etapa desta pesquisa foi, a partir das duas classificações anteriores, reclassificar as unidades de solos para o atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, proposto pela Embrapa em 1999.

Pela importância desta nova Classificação Brasileira de Solos para a padronização de nomenclatura em artigos científicos de áreas correlatas, julgou-se necessário apresentar alguns critérios desta nova proposta taxonômica, antes de apresentar as unidades de solos mapeadas na área de estudo, pelos autores citados, e as respectivas nomenclaturas atuais.

#### **4.2.5.1 Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999)**

Segundo Embrapa (2002), a classificação de solos no Brasil teve início em 1947 e baseava-se nos conceitos da antiga classificação norte-americana, sintetizados em publicações de 1938, que foram revisadas em 1949. O novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, concluído em 1999, é um referencial taxonômico resultante de aperfeiçoamentos contínuos no decorrer desses cinquenta anos, e foi estruturado com base nas características de gênese do solo e de propriedades pedogenéticas que imprimem marcas distintas em cada tipo de solo. O sistema atual é uma classificação hierárquica, multicategórica, descendente e aberta para inclusão de novas classes à medida que os solos brasileiros forem mais bem conhecidos.

Essa nova taxonomia permite a classificação de todos os solos do território nacional em seis níveis categóricos diferentes (**Ordem, Subordem, Grande Grupo, Subgrupo, Família e Série**), correspondendo, cada nível, a um grau de generalização ou detalhe definidos (táxon). O nível mais genérico corresponde à Ordem, e o nível mais detalhado e

---

<sup>9</sup> Segundo Embrapa (1999), através do levantamento pedológico de Camargo et al. (1962), no sul de Minas, é que foi dado reconhecimento ao horizonte B incipiente, diagnóstico para a classe que abrigava os Solos Brunos Ácidos – precursora da classe Cambissolos.

preciso de classificação, separando unidades de solos bastante homogêneas, corresponde à Série. Entre a Ordem e a Série, nesta seqüência, diminui o grau de generalização e aumenta o grau de especialização e detalhe das unidades de solos.

As unidades taxonômicas são definidas em termos de propriedades do *solum* (seqüência de horizontes O, A e B). A partir destas propriedades, que variam em função da evolução pedogênica de cada solo, é possível definir atributos idênticos e organizar os diversos tipos e seqüências de horizontes em grupos chamados **horizontes-diagnósticos**. Os horizontes-diagnósticos obedecem a um certo rigor de padronização, incluindo muitas vezes atributos quantificados com dados de laboratório.

Em uma visão sinóptica, apresentam-se atualmente no sistema **14** classes no nível de Ordem (1º nível categórico), **44** classes no nível de Subordem (2º nível), **150** classes no nível de Grande Grupo (3º nível) e **580** classes no nível de Subgrupo (4º nível). Nos 5º e 6º níveis, que correspondem, respectivamente, a Família e Série, o número de classes é imprevisível até o momento, pois depende da intensidade de levantamentos semidetalhados e detalhados que venham a ser executados nos próximos anos.

A Tabela 4.5 mostra as características gerais das **14** Ordens de solos existentes na nova Classificação Brasileira de Solos e as respectivas correspondências com a Classificação de Solos anterior.

TABELA 4.5 – Características das 14 ordens de solos, segundo a nova Classificação de Solos Brasileira (EMBRAPA, 1999) e respectivas correspondências com a classificação anterior.

ORDENS	CARACTERÍSTICAS GERAIS	CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS ANTERIOR
<b>NEOSSOLO</b>	Solo mineral pouco evoluído, sem horizonte B diagnóstico (solos jovens neo-formados). Predominam as características herdadas do material de origem.	Litossolo, Solos Aluviais, Litólicos, Areia Quartzosa e Regossolo.
<b>VERTISSOLO</b>	Solo com desenvolvimento restrito; apresenta expansão e contração pela presença de argilas expansíveis 2:1.	Permanece com a mesma designação.
<b>CAMBISSOLO</b>	Solo pouco desenvolvido, com horizonte B incipiente.	Permanece com a mesma designação.
<b>CHERNOSSOLO</b>	Solo apresentando desenvolvimento médio; com horizonte A chernozêmico seguido de B incipiente ou textural com argilas de atividade alta.	Brunizem, Rendzina, Brunizem Avermelhado, Brunizem Hidromórfico.

ORDENS	CARACTERÍSTICAS GERAIS	CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS ANTERIOR
<b>LUVISSOLO</b>	Solo com horizonte B de acumulação (B textural), apresentando argila de atividade alta e alta saturação de bases (eutrófico); horizonte superior lixiviado.	Bruno não-Cálcico, Podzólico Vermelho-Amarelo Ta Eutrófico e similares.
<b>ALISSOLO</b>	Solo com horizonte B textural, apresentando argila de atividade alta e alto conteúdo de alumínio extraível (álico); solo ácido.	Rubrozem, Podzólico Bruno Acinzentado, Podzólico Vermelho-Amarelo.
<b>ARGISSOLO</b>	Solo bem evoluído, com horizonte B textural, apresentando mobilização de argila (de atividade baixa) da parte mais superficial.	Podzólico Vermelho-Amarelo, parte das Terras Roxas Estruturadas e similares, Terras Brunas, Podzólico Amarelo, Podzólico Vermelho-Escuro.
<b>NITOSSOLO</b>	Solo bem evoluído, com horizonte B textural (argila caulínica – oxi-hidróxidos), fortemente estruturado (estrutura em blocos), apresentando superfícies brilhantes (cerosidade).	Terra Roxa Estruturada e Similar, Terra Bruna Estruturada e Similar, alguns Podzólicos Vermelho-Escuros.
<b>LATOSSOLO</b>	Solo altamente evoluído, intemperizado, rico em argilominerais 1:1 e oxi-hidróxidos de ferro e alumínio.	Permanece com a mesma designação.
<b>ESPODOSSOLO</b>	Solo evidenciando a atuação do processo de podzolização (presença de horizonte B espódico), forte eluviação de compostos aluminosos, com ou sem ferro; presença de húmus ácido.	Podzol.
<b>PLANOSSOLO</b>	Solo com forte perda de argila na parte superficial e concentração intensa de argila no horizonte subsuperficial apresentando B textural.	Planossolo, Solonetz Solodizado, Hidromórfico Cinzento.
<b>PLINTOSSOLO</b>	Solo com expressiva plintitização (segregação e concentração localizada de ferro).	Laterita Hidromórfica, Podzólico Plintítico, Latossolo Plintítico.
<b>GLEISSOLO</b>	Solo hidromórfico (saturado em água), rico em matéria orgânica, apresentando intensa redução dos compostos de ferro.	Glei Húmico ou Pouco Húmico, Hidromórfico Cinzento, Glei Tiomórfico.
<b>ORGANOSSOLO</b>	Solo essencialmente orgânico; material original constitui o próprio solo.	Solos orgânico, Semi-Orgânico, Turfoso, Tiomórfico.

FONTE: Adaptada de Toledo et al. (2001, p. 161); Embrapa (2002) e Lepsch (2002, p. 81).

#### 4.2.5.2 Unidades de Solos da Área de Estudo

Os mapeamentos de solos comumente apresentam as unidades de solos subdivididas em fases, em função das características edafo-ambientais que interferem no comportamento dos solos e/ou que tenham implicações ecológicas. (Palmieri e Larach, 1996).

Nos levantamentos pedológicos, nem sempre é possível delimitar nos mapas todas as unidades de um único tipo de solo, porque podem ocorrer padrões intrincados ou repetitivos, tornando impraticável a discriminação isolada das unidades de solos. Nesse caso, é mostrada no mapa uma área denominada associação de solos e apresentada a

descrição das classes de solos que ali ocorrem, dando indicação quando da posição topográfica que um ou outro tipo de solo, preferencialmente, ocupa na paisagem (Lepsch, 2002).

A Tabela 4.6 apresenta as características do horizonte A, a textura, as fases de vegetação e relevo das 26 unidades de mapeamento de solos (sendo 9 associações) que aparecem na área de estudo, conforme o levantamento realizado por Almeida et al. (1972).

TABELA 4.6 – Simbologia, classificação e principais características das unidades de solos encontradas na área de estudo, segundo Almeida et al. (1972).

SÍMBOLO	CLASSE DE SOLO	HORIZONTE "A"	TEXTURA DO SOLO	VEGETAÇÃO	RELEVO
<b>BLd4</b>	Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico	A moderado	argilosa	floresta subcaducifólia	ondulado
<b>BLe2</b>	Laterítico Bruno Avermelhado Eutrófico	A moderado	argilosa	floresta subcaducifólia	forte ondulado
<b>BLe3</b>	Laterítico Bruno Avermelhado Eutrófico	A moderado	argilosa	floresta caducifólia	ondulado
<b>Cd1</b>	Cambissolo Latosólico Distrófico	A moderado	argilosa	floresta subcaducifólia	ondulado
<b>Cd2</b>	Cambissolo Latosólico Distrófico	A moderado	argilosa com cascalho	floresta subcaducifólia	ondulado
<b>Cd3</b>	Cambissolo Latosólico Distrófico	A moderado	argilosa	floresta subcaducifólia	forte ondulado
<b>Cd4</b>	Cambissolo Latosólico Distrófico	A moderado	argilosa com cascalho	floresta subcaducifólia	forte ondulado
<b>Cd5</b>	Cambissolo Latosólico Distrófico	A moderado	média com cascalho	cerrado	ondulado
<b>Cd9</b>	Cambissolo Latosólico Distrófico	A moderado	argilosa com cascalho	floresta subcaducifólia	ondulado
	Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico	A moderado	argilosa com cascalho	floresta subcaducifólia	ondulado
<b>Cd11</b>	Cambissolo Latosólico Distrófico	A moderado	argilosa com cascalho	floresta subcaducifólia	montanhoso
	Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico	A moderado	argilosa	floresta subcaducifólia	montanhoso
<b>Cd12</b>	Cambissolo Latosólico Distrófico	A moderado	argilosa com cascalho	floresta subcaducifólia	montanhoso
	Solos Litólicos Distróficos	A moderado	média cascalhenta	floresta caducifólia	montanhoso com afioramentos de quartzito
<b>Cd13</b>	Cambissolo Latosólico Distrófico	A moderado	argilosa com cascalho	floresta caducifólia	forte ondulado

SÍMBOLO	CLASSE DE SOLO	HORIZONTE "A"	TEXTURA DO SOLO	VEGETAÇÃO	RELEVO
	Solos Litólicos Distróficos	A moderado	média cascalhenta	floresta caducifólia	montanhoso com afloramentos de quartzito
<b>Cd14</b>	Cambissolo Latossólico Distrófico	A moderado	média com cascalho	floresta caducifólia	montanhoso
	Solos Litólicos Distróficos	A moderado	média cascalhenta	floresta caducifólia	montanhoso com afloramentos de quartzito
<b>Cd16</b>	Cambissolo Latossólico Distrófico	A moderado	média com cascalho	cerrado	ondulado
	Solos Litólicos Distróficos	A moderado	média cascalhenta	campestre	montanhoso com afloramentos de quartzito
<b>LEd3</b>	Latossolo Vermelho Escuro Distrófico	A moderado	argilosa	floresta subcaducifólia	suave ondulado
<b>LEd4</b>	Latossolo Vermelho Escuro Distrófico	A moderado	argilosa	cerrado	suave ondulado
<b>LEe</b>	Latossolo Vermelho Escuro Eutrófico	A moderado	argilosa	floresta subcaducifólia	suave ondulado
<b>LVd2</b>	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico	A moderado	argilosa	floresta subcaducifólia	suave ondulado
<b>PE1</b>	Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico	A moderado	argilosa com cascalho	floresta subcaducifólia	suave ondulado
<b>PV2</b>	Podzólico Vermelho Amarelo	A moderado	argilosa com cascalho	floresta subcaducifólia	forte ondulado
<b>PV3</b>	Podzólico Vermelho Amarelo	A moderado	argilosa	floresta subcaducifólia	ondulado
<b>Rd1</b>	Solos Litólicos Distróficos	A moderado	média cascalhenta	campestre	montanhoso com afloramentos de quartzito
<b>Rd3</b>	Solos Litólicos Distróficos	A moderado	média cascalhenta	floresta caducifólia	montanhoso com afloramentos de quartzito
	Cambissolo Latossólico Distrófico	A moderado	média com cascalho	floresta caducifólia	montanhoso
<b>Rd4</b>	Solos Litólicos Distróficos	A moderado	média cascalhenta	campestre	montanhoso com afloramentos de quartzito
	Cambissolo Latossólico Distrófico	A moderado	argilosa cascalhenta	cerrado	ondulado
<b>Hi</b>	Solos Hidromórficos Indiscriminados Distróficos	-	argilosa	campo de várzea	plano
	Solos Aluviais Distróficos	A fraco	indiscriminada	campo e floresta de várzea	plano

FONTE: Modificada de Almeida et al. (1972).

A classificação de um solo começa no momento da descrição morfológica do perfil no campo. Somente a partir das descrições morfológicas e das análises físicas, químicas e mineralógicas (em laboratório), é possível classificar o solo corretamente. Como nesta

pesquisa não foi feito um trabalho de campo específico para solos, buscou-se como alternativa para a reclassificação dos solos, as fichas de análises de laboratório e de campo presentes nas publicações. Foi feita a reclassificação, até o terceiro nível categórico. Em algumas classes, porém, a descrição de algumas características (ou de algumas análises) das unidades de solos não forneceu elementos suficientes para a perfeita distinção entre uma ou outra Ordem (1º nível categórico) no grau de exigência da Classificação Brasileira atual, restando dúvidas de nomenclatura.

A Tabela 4.7 mostra a nova classificação das unidades de mapeamento de solo da área de estudo, até o terceiro nível categórico, com destaques para a nova simbologia e nomenclatura até o nível de subordem. As classes que geraram dúvidas de classificação são mostradas com pontos de interrogação (“?”). Para estas classes seria necessário abrir trincheiras e coletar amostras de solos para assegurar a identificação destas classes através das descrições de campo, elucidando as dúvidas geradas na reclassificação.

TABELA 4.7 – Simbologias e nomenclaturas das unidades de mapeamento de solos encontradas na região de pesquisa e suas respectivas simbologias e nomenclaturas no atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999).

CLASSIFICAÇÃO ANTERIOR		CLASSIFICAÇÃO EMBRAPA (1999)			
SÍMBOLO	CLASSE DE SOLO	SÍMBOLO	ORDEM (1º nível)	SUB-ORDEM (2º nível)	GRANDE GRUPO (3º nível)
<b>BLd4</b>	Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico	<b>NXd</b>	NITOSSOLO	HÁPLICO	Distrófico
<b>BLe2</b>	Laterítico Bruno Avermelhado Eutrófico	<b>NXe1</b>	NITOSSOLO	HÁPLICO	Eutrófico
<b>BLe3</b>	Laterítico Bruno Avermelhado Eutrófico	<b>NXe2</b>	NITOSSOLO	HÁPLICO	Eutrófico
<b>Cd1</b>	Cambissolo Latossólico Distrófico	<b>CXbd1</b>	CAMBISSOLO	HÁPLICO	Tb Distrófico
<b>Cd2</b>	Cambissolo Latossólico Distrófico	<b>CXbd2</b>	CAMBISSOLO	HÁPLICO	Tb Distrófico
<b>Cd3</b>	Cambissolo Latossólico Distrófico	<b>CXbd3</b>	CAMBISSOLO	HÁPLICO	Tb Distrófico
<b>Cd4</b>	Cambissolo Latossólico Distrófico	<b>CXbd4</b>	CAMBISSOLO	HÁPLICO	Tb Distrófico
<b>Cd5</b>	Cambissolo Latossólico Distrófico	<b>CXbd5</b>	CAMBISSOLO	HÁPLICO	Tb Distrófico
<b>Cd9</b>	Cambissolo Latossólico Distrófico	<b>CXbd6</b>	CAMBISSOLO	HÁPLICO	Tb Distrófico
	Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico				

CLASSIFICAÇÃO ANTERIOR		CLASSIFICAÇÃO EMBRAPA (1999)			
SÍMBOLO	CLASSE DE SOLO	SÍMBOLO	ORDEM (1º nível)	SUB-ORDEM (2º nível)	GRANDE GRUPO (3º nível)
<b>Cd11</b>	Cambissolo Latossólico Distrófico	<b>CXbd7</b>	CAMBISSOLO	HÁPLICO	Tb Distrófico
	Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico				
<b>Cd12</b>	Cambissolo Latossólico Distrófico	<b>CXbd8</b>	CAMBISSOLO	HÁPLICO	Tb Distrófico
	Solos Litólicos Distróficos				
<b>Cd13</b>	Cambissolo Latossólico Distrófico	<b>CXbd9</b>	CAMBISSOLO	HÁPLICO	Tb Distrófico
	Solos Litólicos Distróficos				
<b>Cd14</b>	Cambissolo Latossólico Distrófico	<b>CXbd10</b>	CAMBISSOLO	HÁPLICO	Tb Distrófico
	Solos Litólicos Distróficos				
<b>Cd16</b>	Cambissolo Latossólico Distrófico	<b>CXbd11</b>	CAMBISSOLO	HÁPLICO	Tb Distrófico
	Solos Litólicos Distróficos				
<b>LEd1</b>	Latossolo Vermelho Escuro Distrófico	<b>LVd1</b>	LATOSSOLO	VERMELHO	Distrófico
<b>LEd3</b>	Latossolo Vermelho Escuro Distrófico	<b>LVd2</b>	LATOSSOLO	VERMELHO	Distrófico
<b>LEd4</b>	Latossolo Vermelho Escuro Distrófico	<b>LVd3</b>	LATOSSOLO	VERMELHO	Distrófico
<b>LEe</b>	Latossolo Vermelho Escuro Eutrófico	<b>LVe</b>	LATOSSOLO	VERMELHO	Eutrófico
<b>LVd2</b>	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico	<b>LAd</b>	LATOSSOLO	AMARELO	Distrófico
<b>PE1</b>	Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico	<b>PVAe/ NVe (?)</b>	ARGISSOLO/ NITOSSOLO (?)	VERMELHO	Eutrófico
<b>PV2</b>	Podzólico Vermelho Amarelo	<b>PVAd1</b>	ARGISSOLO	VERMELHO- AMARELO	Distrófico
<b>PV3</b>	Podzólico Vermelho Amarelo	<b>PVAd2</b>	ARGISSOLO	VERMELHO- AMARELO	Distrófico
<b>Rd1</b>	Solos Litólicos Distróficos	<b>RLd1</b>	NEOSSOLO	LITÓLICO	Distrófico
<b>Rd3</b>	Solos Litólicos Distróficos	<b>RLd2</b>	NEOSSOLO	LITÓLICO	Distrófico
	Cambissolo Latossólico Distrófico				
<b>Rd4</b>	Solos Litólicos Distróficos	<b>RLd3</b>	NEOSSOLO	LITÓLICO	Distrófico
	Cambissolo Latossólico Distrófico				
<b>Hi</b>	Solos Hidromórficos Indiscriminados Distróficos	<b>GXbd</b>	GLEISSOLO	HÁPLICO	Tb Distrófico
	Solos Aluviais Distróficos	<b>RUbd</b>	NEOSSOLO	FLÚVICO	Tb Distrófico

FONTE: Adaptada de Almeida et al. (1972) e EMBRAPA (1999).

Com relação às associações de solos, mostradas na Tabela 4.6, a nova reclassificação foi feita apenas para a classe de solo considerada mais expressiva (apenas a unidade cuja classe

aparece em primeiro na tabela), uma vez que nem sempre a segunda classe apresentava elementos suficientes para a reclassificação. Apenas para a associação de solos de simbologia “Hi” foi feita a reclassificação para as duas classes presentes na associação de solos.

#### **4.2.5.3 Classes de Solos, Paisagem e Ecoturismo**

Tomando por base as classes de solos presentes na área de estudo, apenas no nível de Ordem, é possível generalizá-las em: Latossolos, Nitossolos, Cambissolos (em várias associações), Argissolos, Neossolos (lítólicos, em várias associações) e Gleissolos (associados aos Neossolos Flúvicos). Apesar da generalização, neste nível de descrição, são apresentados a seguir alguns comentários sobre as características destas Ordens de solos encontradas que possam ser relacionadas ao ecoturismo na região.

Lepsch (2002), comparando a Classificação Brasileira de Solos com a publicação da WRB (*World Reference Base for Soil Resource*), apresenta alguns agrupamentos de classes de solos com características em comum. Considerando as características destes agrupamentos, é possível reagrupar as Ordens que aparecem na área de estudo em dois grupos: “o grupo de solos bem desenvolvidos sob climas tropicais úmidos” e o “grupo de solos minerais condicionados por formas especiais de relevo e/ou idade limitada”.

No primeiro grupo, enquadram-se as classes (Ordens): Latossolos, Nitossolos e Argissolos. No segundo grupo, enquadram-se as classes (Ordens e subordens): Neossolos Flúvicos, Gleissolos, Neossolos Lítólicos e Cambissolos. Levando em consideração que a potencialidade para recreação e ecoturismo de um solo aumenta à medida que decresce sua aptidão para fins agrícolas<sup>10</sup>, o primeiro grupo apresentaria maior potencialidade para o agroturismo ou turismo rural, enquanto o segundo grupo (com exceção de alguns Neossolos Flúvicos) apresentaria aptidão para o turismo de aventura ou de natureza.

---

<sup>10</sup> Lepsch et al. (1983) apresentam uma proposta de classificação de terras no Sistema de Capacidade de Uso, onde as classes de solos que são consideradas impróprias para agricultura, pastagem ou reflorestamento podem servir para abrigo e proteção da flora e fauna silvestres, além de armazenamento de água.

O mapa da Figura 4.36, mostra a área de estudo e as unidades de solos presentes<sup>11</sup>, nos níveis de Ordem e Subordem, com as cores indicadas pela EMBRAPA (1999) para o nível de Ordem. No caso das associações de solos, foi considerada no mapeamento apenas a classe mais expressiva, com as simbologias que aparecem em destaque na Tabela 4.7.

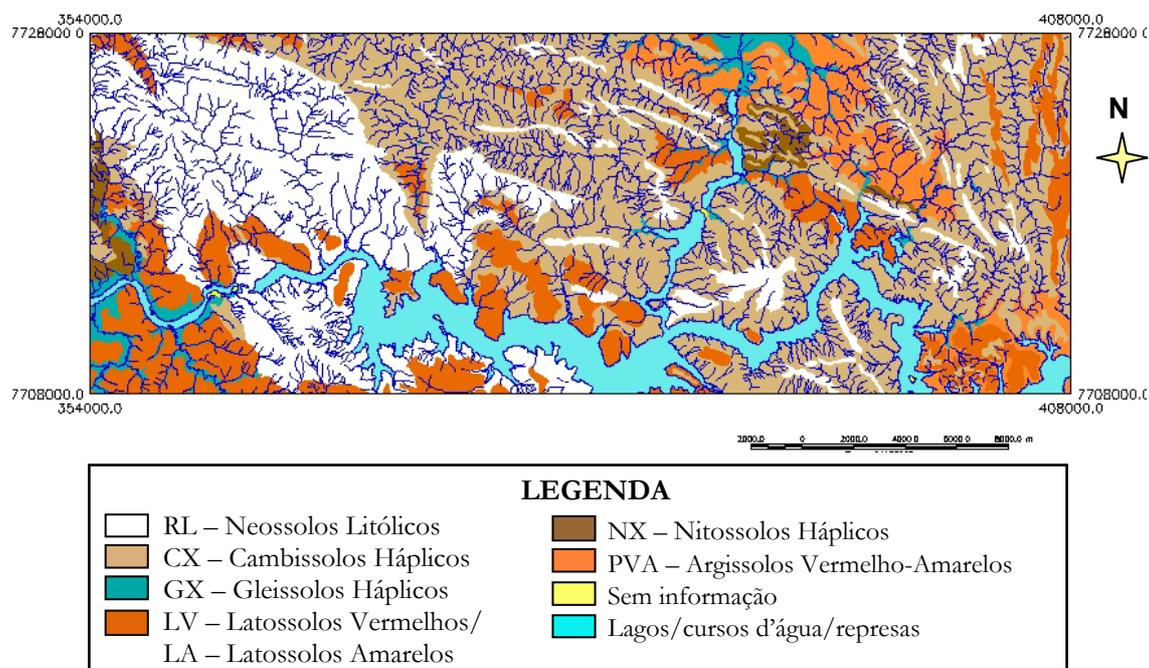


FIGURA 4.36– Mapa de Solos da área de estudo, gerado a partir da reclassificação de solos dos Levantamentos de Camargo et al. (1962) e Almeida et al. (1972), com as cores (nível de Ordem) e nomenclaturas de classes (nível de Subordem) recomendadas pela Classificação Brasileira de Solos, EMBRAPA (1999).

### Latossolos, Nitossolos e Argissolos

Segundo Lepsch (2002), os **Latossolos** são solos que possuem maior representação geográfica no Brasil, aproximadamente 300 milhões de hectares. São características dos Latossolos as argilas do tipo caulinita ou oxi-hidróxidos de Ferro e Alumínio, cujas partículas são revestidas por óxidos de ferro (responsáveis pelas típicas cores avermelhadas ou amareladas). A transição entre horizontes é gradual ou difusa, e geralmente a única diferença que pode ser visualizada no perfil é um escurecimento do horizonte A, ocasionado pelo acúmulo de matéria orgânica proveniente da decomposição de restos

<sup>11</sup> Para as classes que apresentaram dúvidas de classificação foram consideradas as Ordens que aparecem em primeiro lugar na Tabela 4.7, pois se acredita que sejam as classificações mais plausíveis, apesar de que só um levantamento de campo suprimiria as dúvidas.

vegetais na camada superficial do solo. São solos formados em condições de altas temperaturas e chuvas abundantes, as quais promovem intensa intemperização dos mais variados tipos de rochas. Ocorrem em relevos de superfícies estáveis, o que dificulta a erosão e possibilita a intensa ação do clima por muito tempo. Por causa do intemperismo, a que são submetidos, a maior parte dos latossolos é pobre em nutrientes vegetais.

Palmieri e Larach (1996) descrevem que os Latossolos Vermelhos<sup>12</sup> ocupam grandes extensões de superfícies planas e suave onduladas e estão relacionados, principalmente, às coberturas metassedimentares associadas e às coberturas sedimentares inconsolidadas Plio-Plistocênicas. Os autores prosseguem explicando que nas coberturas metassedimentares associadas às faixas de dobramento, estes solos se distribuem extensivamente na superfície dos planaltos Central, Canastra/Alto Rio Grande, sob vegetação de cerrado e campo cerrado.

Os **Nitossolos** e **Argissolos** são solos que apresentam horizonte B de acúmulo de argila (B textural), isto é, partículas de argila migram do horizonte A e depositam-se no B, fazendo com que este horizonte apresente uma estrutura com agregados na forma de blocos revestidos por finas películas de argila denominadas de cerosidade, que ocorrem obrigatoriamente nos Nitossolos. Esses solos ocorrem freqüentemente associados aos Latossolos, com os quais têm algumas características em comum. Os Argissolos comumente apresentam um horizonte E com coloração mais clara que o A e o B, indicando diferença de textura entre os horizontes A e B textural. Quando comparados com os Latossolos, os Argissolos são menos profundos, têm proporções ligeiramente maiores de silte e de minerais pouco resistentes ao intemperismo, além de diferenciação mais marcante dos horizontes.

Os Nitossolos diferem dos Argissolos por não apresentarem migração de argila até 150 cm de profundidade (ou seja, não apresentam diferença textural) e exibirem agregados com faces nítidas e reluzentes (cerosidade). Sob o ponto de vista da gênese, podem ser considerados como intermediário entre os Latossolos e os Argissolos. Muitos qualificam os Nitossolos, quando em condições naturais (também chamados de “terra-roxas” recém-

---

<sup>12</sup> Na classificação de solos usada na época da publicação, a denominação utilizada para os atuais Latossolos Vermelhos era Latossolos Vermelho-Escuros.

desbravadas), como os melhores solos para a agricultura. A vegetação natural mais encontrada são as florestas de árvores de folhas largas. Em condições de relevo com declives muito fortes, são muito suscetíveis à erosão hídrica.(Lepsch, 2002).

A Figura 4.37 apresenta, em primeiro plano, a região da área de estudo em que se encontram os Latossolos, Argissolos e Nitossolos. Os Latossolos ocorrem na região de topografia mais plana (solo de cor mais avermelhada), e na região de relevo mais colinoso (suave ondulado) localizam-se os Argissolos e Nitossolos. Não é possível demarcar na fotografia, exatamente a delimitação de cada solo, por não terem sido realizados perfis de solo no campo.



FIGURA 4.37- Paisagem de relevo plano a suave ondulado (em primeiro plano) onde predominam os Latossolos, Argissolos e Nitossolos. Em segundo plano, no relevo montanhoso, predominam os Cambissolos associados aos Neossolos Litólicos. Estrada para o vilarejo de Socorro, Município de Capitólio - MG.

#### Neossolos (Flúvicos e Litólicos), Gleissolos e Cambissolos

São solos jovens ou pouco evoluídos, pois encontram-se em fase inicial de formação, não contendo ainda horizontes pedogenéticos bem definidos. Esse estado de pouca evolução pode ser decorrente da posição do relevo, que propicia um constante acúmulo de sedimentos (áreas mais baixas e planas), ou que favorece a erosão (locais muito inclinados).

Outro fator que pode limitar um pleno desenvolvimento dos horizontes é o encharcamento prolongado com água estagnada, nos casos dos Gleissolos (Lepsch, 2002).

Os Neossolos Flúvicos são solos pouco desenvolvidos, originados de sedimentos recentemente depositados pelos rios durante as enchentes. Apresentam horizonte A, assentado diretamente sobre o C, não existindo indícios de formação de um horizonte B, ou mesmo de cores acinzentadas, causadas pela alteração dos compostos de ferro. Esse horizonte C é composto de camadas ou extratos das deposições pouco alteradas de sedimentos com partículas de vários tamanhos, desde argila até seixos. (Lepsch, 2002).

Os Neossolos Litólicos possuem horizonte A diretamente assentado sobre o horizonte C ou mesmo sobre a rocha consolidada, não apresentando o horizonte B por serem considerados solos jovens. Esses solos ainda se encontram em fase inicial de formação. Quase sempre se encontram situados em relevo com encostas íngremes (Figura 4.38).

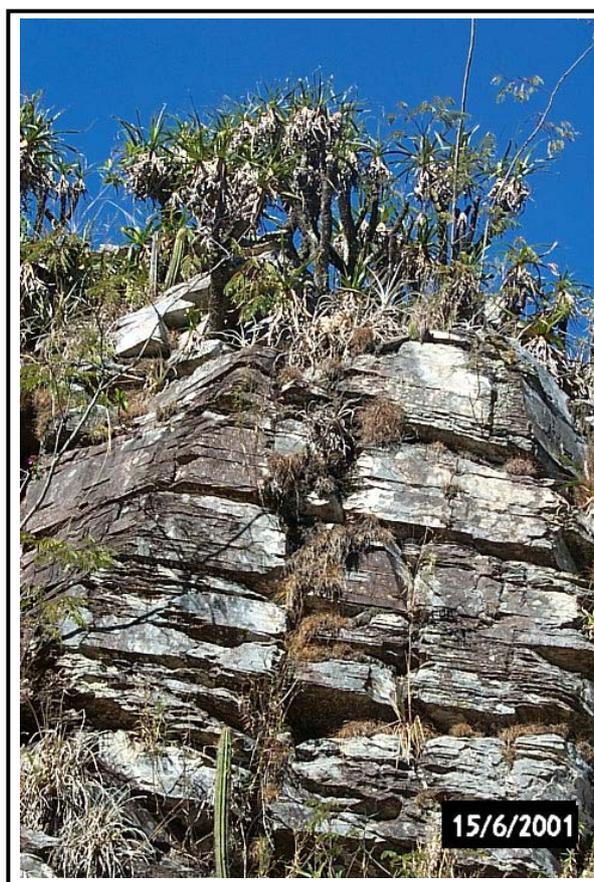


FIGURA 4.38 - Perfil de Neossolo Litólico, trilha do Paraíso Perdido, Município de São João Batista do Glória – MG.

Os Neossolos Litólicos são solos delgados, com um horizonte A de espessura inferior a 30 centímetros, assentado diretamente sobre a rocha consolidada. Entre os horizontes A e R pode existir um C de alguns poucos centímetros. Em geral, ocorrem em rampas muito inclinadas, áreas de relevo montanhoso, e ao lado de afloramento rochosos. (Lepsch, 2002).

Palmieri e Larach (1996) comentam que as paisagens desta classe de solo são as mais variadas e em geral, ocorrem associadas às dos Cambissolos. São solos que estão confinados às paisagens mais íngremes, cornijas, frente de cuevas, alinhamento de cristas e de cumeeiras associadas a afloramentos rochosos das encostas de serras, penhascos, penedos, etc (Figura 4.39).



FIGURA 4.39 - Paisagem de Neossolo Litólico sobre rochas quartzíticas na trilha do Paraíso Proibido, Município de São João Batista do Glória – MG.

Os Cambissolos são solos considerados como “embrionários”, devido ao desenvolvimento de feições (ou horizontes) muito fraco a moderado, quando comparadas às dos solos bem desenvolvidos que lhe estão mais próximos. São encontrados sob as mais diversas condições de clima, relevo e vegetação. Por essa razão variam muito de um local para outro, sendo muitas vezes considerados como intermediários entre os Neossolos Litólicos e outros solos mais bem desenvolvidos. São constituídos predominantemente por materiais minerais com um ou mais horizonte superficial (A, O ou H), que se assenta diretamente

sob um horizonte subsuperficial designado de B “câmbico” ou B “incipiente”. Tal horizonte está supostamente em fase de desenvolvimento, sendo que com o tempo pode se tornar um outro horizonte mais característico de solo bem desenvolvido. (Lepsch, 2002).

A Figura 4.40 traz uma visão da paisagem da área de estudo com este tipo de solo associado aos Neossolos Litólicos.



FIGURA 4.40 - Paisagem onde ocorre Cambissolo associado ao Neossolo Litólico. Sítio Primavera, Serra do Grotão, Município de Capitólio – MG.

Outros tipos de solos também ocorrem na área de pesquisa, porém em manchas não muito expressivas para mapeamento. A Figura 4.41 mostra um solo do tipo Organossolo, que aparece em baixadas de uma das trilhas da região.

Segundo Lepsch (2002), estes solos são definidos como solos que possuem horizontes essencialmente orgânicos e espessos (somam uma espessura de mais de 40 cm, tendo mais de 20% de matéria orgânica). Estes solos são caracterizados por serem escuros, friáveis, de baixa densidade e freqüentemente encharcados.

Lepsch descreve também que os materiais dos quais estes solos se desenvolvem são as turfas, sedimentos orgânicos que se formam em locais onde a taxa de adição de restos orgânicos é maior que a sua velocidade de decomposição. Palmieri e Larach (1996)

atribuem a ocorrência destes solos a áreas não muito extensas e circunscritas a depressões holocênicas flúvio-lacustre, em geral associada à campina de várzeas.



FIGURA 4.41 – Solos do tipo Organossolos: são solos escuros que aparecem em alguns locais úmidos e em condições anaeróbicas, sendo ricos em matéria orgânica (A) e típicos de regiões de baixadas (B). Trilha do Sol – Município de Capitólio – MG.

#### 4.2.6 Vegetação

De acordo com o IBGE (1992), a área de estudo se encontra na região de Domínio do Cerrado, com enclaves de Floresta Estacional Semidecidual, caracterizando, portanto, uma área de tensão ecológica (vegetação de transição) destes dois Domínios.

Ribeiro et al. (1981) e Coutinho (1990) descrevem que no cerrado, no sentido lato, podem ocorrer várias formas fisionômicas, sendo as mais comumente reconhecidas: o campo limpo, o campo sujo, o campo cerrado, o cerrado *stricto sensu* (cerrado ss) ou cerrado propriamente dito e o cerradão. Nesta ordem, o primeiro apresenta um estrato herbáceo/subarbusivo, despojado de árvores e arbustos. Nos outros três, o estrato lenhoso vai gradativamente adquirindo maior importância na paisagem. O cerradão já é uma formação florestal, com as copas das árvores se tocando e criando sombra, enquanto o estrato herbáceo/arbustivo é muito pobre e rarefeito.

Coutinho (op. cit.) ressalta que, na natureza, as várias formas de cerrado não se apresentam assim, de modo ordenado, mas que variam, formando um grande mosaico de vegetação. Quem viaja através dos cerrados, pode atravessar um campo sujo e, logo em seguida, cruzar um cerradão, e depois um campo limpo, um cerrado ss, etc. Essa distribuição em mosaico é, em grande parte, reflexo das diversas distribuições de manchas de solo (também em mosaico), da incidência irregular das queimadas e de outras formas de intervenção antrópica. A Figura 4.42 mostra como é a variação, de um extremo a outro, de campo à floresta, da fisionomia do cerrado. Estas fitofisionomias ocorrem na área de pesquisa de forma diversificada e são descritas a seguir.



FIGURA 4.42 – Fisionomia do cerrado: dependendo da presença e do tamanho de arbustos e árvores, o cerrado varia de campo limpo a cerradão, que é uma formação considerada florestal.

FONTE: Modificada de Coutinho (1990, p. 25).

#### 4.2.6.1 Campo Limpo

Segundo CEMIG (2001), **campo limpo** é uma formação vegetal caracterizada por campos revestidos maciçamente por gramíneas e outras espécies herbáceas, apresentando, às vezes, pequenos arbustos muito afastados entre si, e ausência completa de árvores (Figura 4.43). Ocorre em solos arenosos rasos, ou duros, onde freqüentemente apresenta afloramento do lençol freático. Sua flora é caracterizada pela presença de diversas espécies de orquídeas, além de gramíneas e ciperáceas.

Eiten (1983) denomina esta formação vegetal como Campo Tropical Curtigraminoso Estacional, quando o aspecto é predominantemente graminoso e de Campo Tropical Curtigraminoso-ervoso, quando a parte não graminóide compartilha dominância visual com os graminóides.



FIGURA 4.43 – Exemplo típico de formação vegetal conhecida como **campo limpo**. Alguns arbustos de caule fino ocorrem na camada rasteira, mas não se destacam acima das gramíneas. Morro do Chapéu – Município de Capitólio – MG.

Rizzini (1979) ressalta que na área central dos campos limpos, em Minas e Goiás, vários tipos desta formação poderão ser encontrados e que a caracterização desses tipos é difícil em função das amplas transições (tanto estruturais como florísticas) existentes entre eles. Este autor destaca cinco formas discerníveis de campo limpo no Brasil Central: o campo ferruginoso, o campo quartzítico, campos “gerais”, campo planáltico e campo arbustivo.

Ainda segundo Rizzini (op. cit.), o campo quartzítico por sua vez pode ser subdividido em: campo quartzítico com gramíneas, campo quartzítico com gramíneas e subarbustos e campo quartzítico dos afloramentos.

#### 4.2.6.2 Campo Sujo

Forma de Cerrado muito aberta, com predomínio de gramíneas e inúmeras espécies herbáceas, entremeadas por arbustos e árvores muito espaçadas (o que dá o aspecto do campo, mas “sujo” com árvores). É encontrado em áreas de solo raso, eventualmente com pequenos afloramentos de rochas, ou em solos profundos de baixa fertilidade ou ainda em áreas de Cerrado que sofreram forte perturbação antrópica. Sua flora é dominada pelas gramíneas, além de espécies herbáceo-arbustivas de diversas famílias botânicas:

Compositae, Leguminosae, Lythraceae, Labiateae, Melastomataceae, Dilleniaceae, Rubiaceae, Palmae, dentre outras (CEMIG, 2001). Uma outra denominação dada a esta formação vegetal é Savana Muito Rala. (Eiten, 1983). A Figura 4.44 mostra um exemplo desta forma de vegetação.



FIGURA 4.44 – Exemplo de formação vegetal conhecida como **campo sujo**. Morro do Chapéu – Município de Capitólio – MG.

#### 4.2.6.3 Campo Cerrado

Constitui-se também de uma forma de Cerrado, ocorrendo em solos rasos, cascalhentos, quase sempre em relevo ondulado ou, mais raramente, em relevo plano ou suave ondulado das chapadas. A composição florística assemelha-se à do Cerrado propriamente dito, sendo que a cobertura vegetal torna-se mais baixa, com árvores esparsas e muitos arbustos (Figura 4.45). Em Minas Gerais, ocorre mais freqüentemente na Zona do Alto e Médio São Francisco, Alto Parnaíba, Paracatu e Triângulo Mineiro. Há predomínio das espécies: *Vochysia tucanorum* “pau-de-tucano”, *Salvertia convallariodora* “bate-caixa”, *Kielmeyera coriacea* “pau-santo”, *Byrsonima crassa* “murici”, *Hancornia speciosa* “mangaba”, de porte mais reduzido do que aquelas do Cerrado propriamente dito. (CEMIG, 2001).



FIGURA 4.45 – Exemplo de formação vegetal conhecida como **campo cerrado**. Trilha para a cachoeira do Paraíso Perdido – Município de São João Batista do Glória – MG.

#### 4.2.6.4 Cerrado Propriamente Dito (Cerrado *strictu sensu*)

O Cerrado propriamente dito apresenta, geralmente, paisagem com árvores tortuosas, de cascas grossas e gretadas, interrompidas de longe em longe por uma ou outra árvore de porte mais ereto, emergente (Figura 4.46). Frequentemente, o Cerrado é composto por três estratos: o arbóreo, que é aberto e mais ou menos contínuo; o arbustivo e subarbustivo, que se mostra denso e de composição florística muito variável, e o estrato herbáceo, constituído principalmente por gramíneas. (CEMIG, 2001).

No estado de Minas Gerais, as áreas de Cerrado podem ser encontradas nas Zonas do Alto e Médio Jequitinhonha (em parte), Montes Claros (sul), Alto e Médio São Francisco (em quase sua totalidade), Campos das Vertentes, Paracatu, Triângulo Mineiro e Alto Parnaíba, ocupando relevo plano a suave-ondulado. As espécies vegetais mais comuns que fazem parte desta formação são: *Qualea grandiflora* “pau-terra-da-folha-larga”, *Eugenia dysenterica* “cagaita”, *Caryocar brasiliense* “pequi”, *Sclerolobium paniculatum* “carvoeiro”, *Bowdichia virgiloides* “sucupira preta”, *Stryphnodendron adstringens* “barbatimão”, *Vochisia thyrsoidea* “gomeiro”, *Byrsonima coccolobifolia* “murici”, *Pouteria ramiflora* “bacupari”. (CEMIG, 2001).

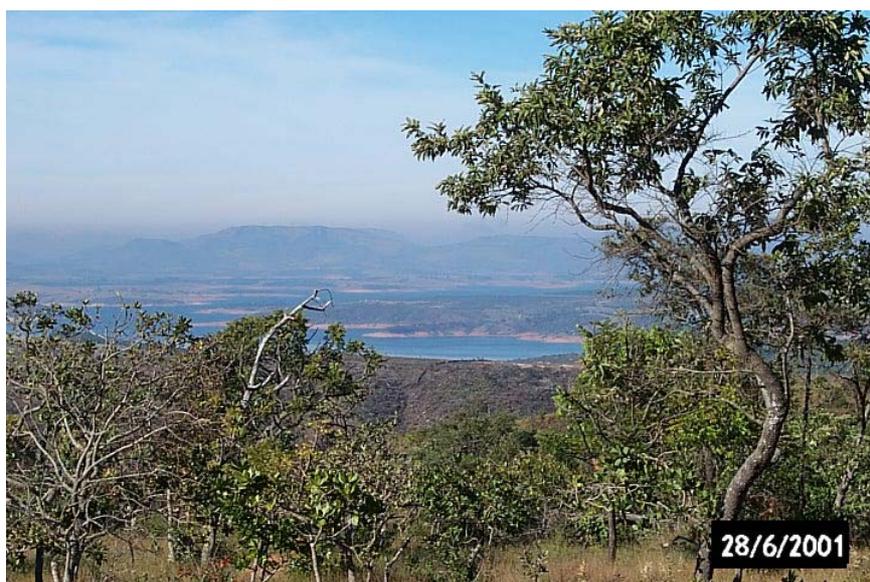


FIGURA 4.46 – Em (A), exemplo de vegetação do **cerrado**, com suas árvores tortuosas. Em (B), vista de uma formação vegetal de cerrado propriamente dito, em estação chuvosa. É possível notar, ao fundo, sob neblina, o Morro do Chapéu, onde predominam campos rupestres.

Segundo Rizzini (1979), o cerrado é a forma brasileira da formação geral chamada savana. Este autor ressalta que por “cerrado”, falando em geral, não se entende apenas a savana brasileira, mas um complexo vegetacional que se estende a partir do Brasil Central, em regiões suavemente onduladas e com imensos chapadões, espreado-se por vários estados. O autor admite que cerca de 25 % do território nacional estejam sob condições de cerrado e 40% sob vegetação baixa ou aberta (não silvestre).

#### 4.2.6.5 Cerradão

Tipo vegetacional peculiar, que difere do Cerrado propriamente dito pelo seu aspecto florestal, pois, além de possuir densidade maior, as árvores não são tão ramificadas quanto nestes. Ocorre em solos vermelhos e arenosos, profundos com fertilidade variável, sendo sua estratificação composta por três camadas: o estrato arbóreo (denso); o estrato arbustivo (nítido e não raro denso); e o estrato herbáceo (ralo, constituído por algumas gramíneas).

Fernandes (1998) afirma que ao se comparar o Cerrado com o Cerradão, verifica-se que neste as árvores se apresentam com troncos mais retilíneos e ramos pouco tortuosos, suberificação menos intensa, copas geralmente se tocando ou com superposição das mais elevadas, menores espaços para a penetração da luz, folhas menos consistentes e de maior persistência, no todo manifestando feição de uma mata mais fechada (Figura 4.47).



FIGURA 4.47 – Exemplo de formação vegetal conhecida como **Cerradão**. Circuito do Funil – Município de Capitólio - MG.

#### 4.2.6.6 Outras Formações do Domínio do Cerrado

Na região conhecida como “Domínio do Cerrado”, no Brasil Central, acham-se presentes alguns ecossistemas florestais, ou mesmo campestres, os quais constituem inclusões em

meio às formações vegetais dominantes (Ribeiro et al., 1981; CEMIG, 2001). Dentre eles, destacam-se como mais comuns os descrito a seguir.

#### **A - Mata de Galeria ou Mata Ciliar**

De acordo com CEMIG (2001), esta formação vegetal ocorre ao longo dos corpos d'água de pequeno porte (formando uma galeria pelo toque das copas das árvores de ambos os lados), ou de grande porte (como um cílio), estas formações representam uma quebra na paisagem do Cerrado, por constituírem ecossistemas florestais que podem atingir altura de 25 metros. São áreas de preservação permanente, segundo o Código Florestal Brasileiro, e apresentam uma flora característica.

Entretanto, Ab'Saber (2000) chama a atenção para a diferença de terminologia entre florestas ciliares e florestas galerias. Para este autor, a expressão **florestas ciliares** envolve todos os tipos de vegetação arbórea vinculada à beira dos rios. Fitoecologicamente trata-se da vegetação florestal às margens de cursos d'água, independentemente de sua área ou região de ocorrência e de sua composição florística. No que diz respeito às **florestas galerias** típicas, sua ocorrência está associada explicitamente aos domínios e subespaços caracterizados por formações abertas do tipo dos cerrados e campos do Brasil Central. (Ab'Saber, 2000).

Posição idêntica com relação à terminologia é apresentada por Rodrigues (2000). Para este autor, o termo floresta ou mata de galeria deveria ser usado para a designação genérica ou popular das formações florestais ribeirinhas em regiões onde geralmente a vegetação de interflúvio não é de floresta contínua (cerrado, campinas, caatinga, campos e campos gerais). Eiten (1983) classifica esse tipo de formação como Floresta Tropical Mesofítica Latifoliada Semidecídua de galeria. A Figura 4.48 traz uma visão de uma típica mata de galeria ou floresta de galeria.



FIGURA 4.48 - Exemplo de uma **mata galeria** típica (indicada pela seta). Vale do Rio Turvo, trilha para cachoeira do Fecho da Serra, Município de Capitólio - MG.

Rodrigues (2000) denomina **fomação ribeirinha sem influência fluvial** àquelas formações ribeirinhas que, apesar de estarem às margens de cursos d'água, não são diretamente influenciadas pela água do rio ou do lençol freático, como as formações que ocorrem em áreas marginais com grande desnível para o curso d'água (rios bem encaixados), ou florestas margeando rios de corredeiras - condição comum das regiões de relevo escarpado, ou ainda formações (florestas ou campos) ribeirinhas sobre solo litólico que não são diretamente influenciadas pela água (ou se o são, isso ocorre por tempo muito reduzido). A Figura 4.49 mostra um exemplo deste tipo de formação vegetal, no paredão de quartzito da cachoeira do Paraíso Perdido.

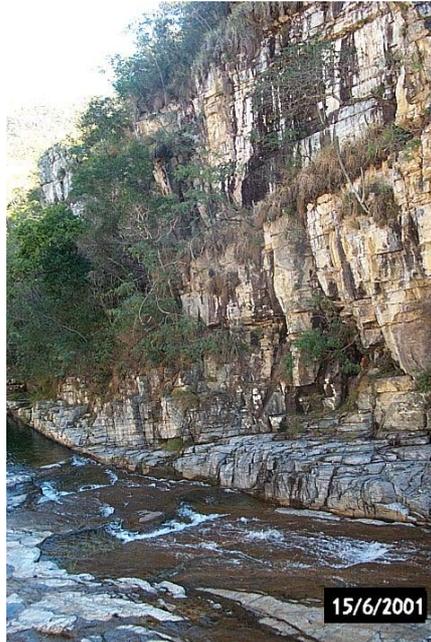


FIGURA 4.49 - Exemplo de **formação ribeirinha sem influência fluvial**. Paraíso Perdido, Município de São João Batista do Glória – MG.

#### **B - Mata Mesófila Estacional**

Segundo CEMIG (2001), as formações florestais associadas ao ritmo estacional, que se traduz pela queda das folhas das espécies dominantes durante a estação seca, são denominadas Mata Mesófila Estacional (Figura 4.50). São formações que ocorrem em áreas de solos com média fertilidade, presente nas encostas dos grandes vales (Mata Mesófila Semidecídua), ou sobre solos rasos, com grande fertilidade (Mata Decídua). Os representantes arbóreos desta formação são: aroeira, angico vermelho, garapa, copaíba, jatobá da mata, dentre outras. Para Eiten (1983), esse tipo de formação vegetal é classificado como Floresta Tropical Mesofítica Latifoliada Semidecídua de interflúvio. Na classificação proposta por IBGE (1992), esta formação vegetal é denominada de Floresta estacional semidecidual submontana. De forma geral, as formações florestais como o Cerradão, a mata perenifólia e outras formas apresentam-se sempre degradadas pela extração constante de espécies de maior valor madeireiro.

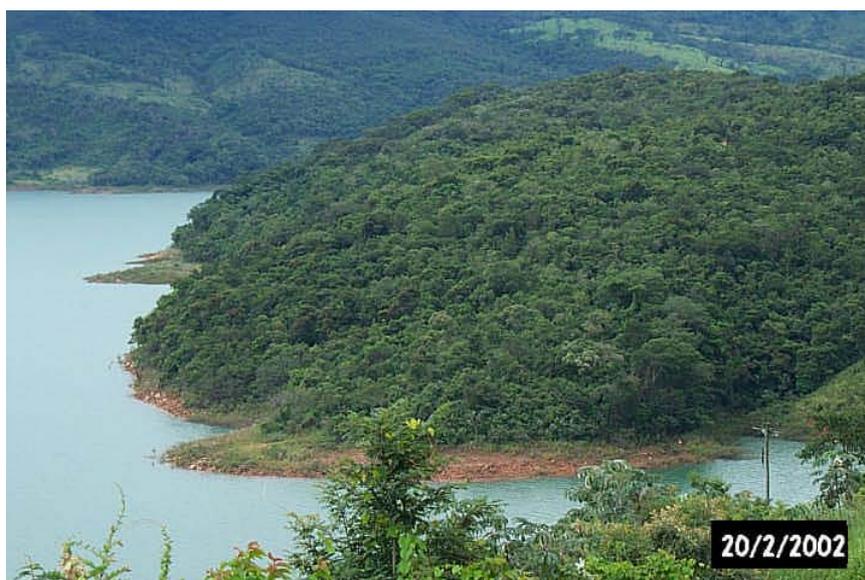


FIGURA 4.50 - Exemplo de **Mata Mesófila Estacional**. Estrada para cachoeira do Funil, Município de Capitólio - MG.

### **C - Campo Rupestre**

Campos rupestres - ou campos de altitude - são formações predominantemente herbáceo-arbustivas que ocorrem no alto das serras, em altitudes geralmente superiores a 900 metros, e em trechos de afloramentos rochosos, com presença eventual de arvoretas pouco desenvolvidas, de até 2 metros de altura. O substrato rochoso mais comum é o quartzito. (Menezes e Giuliatti, 1986; CEMIG, 2001). Em sua flora, predominam espécies das famílias Velloziaceae, Eriocaulaceae, Melastomataceae, Ericaceae, entre outras.

Os campos rupestres ocorrem em áreas onde há ventos constantes, dias quentes e noites frias. As várias famílias de plantas, que ao longo de milênios foram se adaptando a estes ambientes, encontraram uma ou mais formas de sobreviver, pois, geralmente a disponibilidade de água é reduzida nestas condições. Mesmo nas estações chuvosas, as águas escoam com rapidez sobre as pedras, através dos solos pedregosos e/ou arenosos, não havendo formação de lençol freático. Durante a noite – sempre mais fria que o dia nessas regiões - há grande formação de neblina, sendo que muitas espécies têm características que lhes permitem se utilizar da umidade do ar. Menezes e Giuliatti (1986) citam, como exemplo, as canelas-de-ema (Figura 4.51), da família das velosíáceas, que possuem (internamente às bainhas das folhas) raízes com um tipo especial de tecido vegetal

conhecido como velame, comum em orquídeas, e que permite a acumulação de água como uma esponja.



FIGURA 4.51 – Canelas-de-ema, família das velosiáceas, exemplos de plantas adaptadas ao ambiente rupestre, onde é comum a formação de neblina. Morro do Chapéu – Município de Capitólio – MG.

Joly (1970), citado por Menezes e Giulietti (1986), afirma que são nos campos rupestres que ocorrem o maior índice e a diversidade de espécies endêmicas (restritas a uma só área) no Brasil. Observa-se também, nesta formação vegetal, grande convergência de hábitos vegetativos, inclusive entre famílias afastadas do ponto de vista evolutivo.

Vários estudos demonstram um alto índice de endemismo para este tipo de vegetação, pois os campos rupestres ocorrem em condições ecológicas muito peculiares (Figura 4.52A e 4.52B). Romero e Nakajima (1999) asseveram que o grau de endemismo e raridade locais são importantes critérios para determinar áreas com potencial para conservação e devem ser uma preocupação nos estudos de floras regionais. Estes autores, ao realizarem um estudo para descrever as espécies endêmicas do Parque Nacional da Serra da Canastra, em Minas Gerais, concluíram que a grande maioria do endemismo estava em zonas vulneráveis, sob uso extensivo e intensivo no Parque, inclusive em áreas de turismo não monitorado. Para garantir a proteção de espécies endêmicas, Romero e Nakajima assinalam

que o grau de endemismo deve ser um dos critérios para um zoneamento ótimo das unidades de conservação.

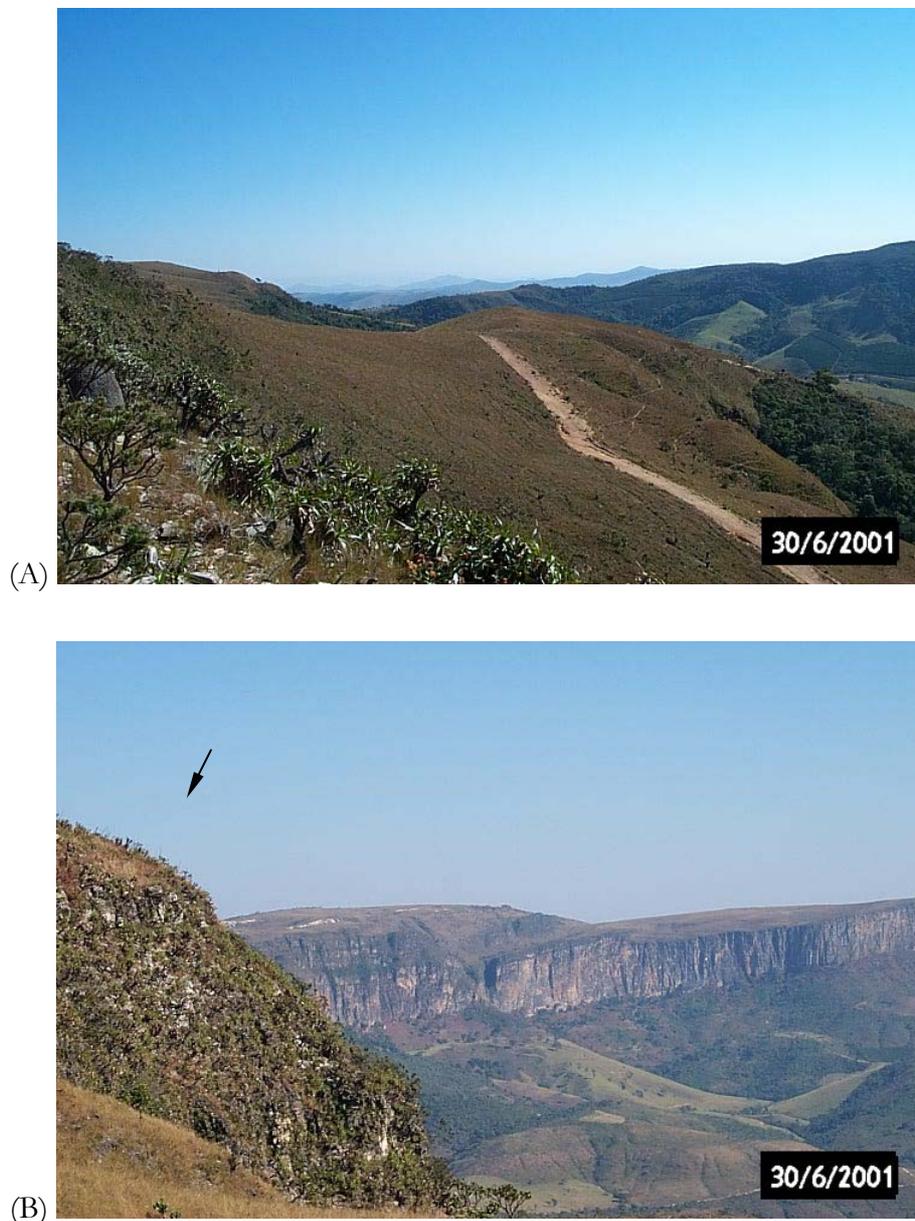


FIGURA 4.52 – Em (A), exemplo de campo rupestre, no canto inferior esquerdo. Notar o limite com o campo limpo, onde não há a ocorrência de afloramento rochoso. Em (B), no canto esquerdo indicado pela seta, uma visão de uma elevada área de afloramento rochoso (altitude aproximada de 1400 m), local propício para a ocorrência de campos rupestres. Serra da Grota Feia – Município de Capitólio – MG.

### 4.3 Elementos Antrópicos da Paisagem

Os elementos antrópicos da paisagem na área de estudo, discriminados pelos produtos de sensoriamento remoto orbital, são: a represa de Furnas e sua Barragem, as pedreiras de quartzito, as manchas urbanas e as vias de acesso (pavimentadas ou não). Segue a descrição de alguns desses elementos, que podem ser interessantes do ponto de vista do turismo na região.

#### 4.3.1 A Usina Hidrelétrica de Furnas

A Usina Hidrelétrica de Furnas está localizada no curso médio do Rio Grande, no trecho denominado "Corredeiras das Furnas", entre os municípios de São José da Barra e São João Batista do Glória, em Minas Gerais (Figura 4.53). Foi a primeira Usina Hidrelétrica a ser construída pela empresa de Furnas, da qual herdou o nome. Possui uma potência nominal de 1.216 MW (152 MW em cada turbina).

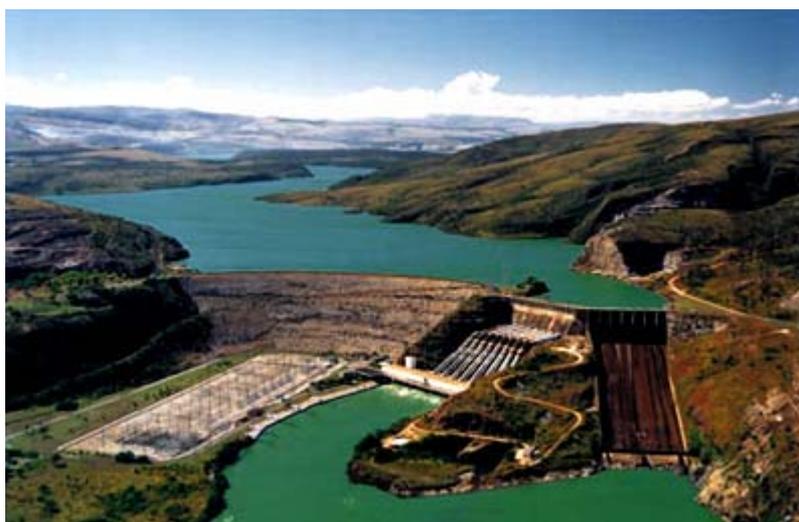


FIGURA 4.53 – Vista da Barragem da UHE de Furnas.  
FONTE: Modificada de Furnas (2003).

Sua construção começou em julho de 1958, tendo a primeira unidade entrado em operação em 1963. A construção desta usina, uma das maiores da América Latina na época, permitiu que se evitasse o colapso energético do País, na década de 60. O reservatório, um dos maiores do Brasil, com 1.440 km<sup>2</sup> e 3.500 km de perímetro, banha 34 municípios de Minas Gerais. A operação da Usina de Furnas está certificada pela NBR ISO 9002, desde dezembro de 2000 (Furnas, 2003).

### 4.3.2 As Pedreiras de Quartzitos

Os quartzitos possuem baixíssimos níveis de absorção de água (apenas 0,3%) e de desgaste a abrasão (0,33% em percurso de 500 metros), segundo Intersun (2003). A grande rigidez desse material se deve ao fato dele possuir alta concentração de sílica, aproximadamente 94%. Por serem antiderrapantes e não se aquecerem sob o sol, os quartzitos são ideais para calçamentos de interiores e exteriores, revestimento de paredes, bordas de piscinas e qualquer outra utilização que necessite de resistência aliados à beleza de uma pedra natural. Normalmente a utilização mais comum dos quartzitos é associada a calçadas, entretanto, seu uso pode ser estendido a decorações de ambientes mais refinados quando semipolido ou pigmentado (Figura 4.54).



FIGURA 4.54 – Exemplos dos diversos empregos da pedra de quartzito: a utilização varia desde bordas de piscinas, revestimentos, pavimentos, até o uso como pisos de ambientes sociais mais refinados quando semipolido ou pigmentado.

FONTE: Adaptado de Pelucio (2001).

Em seu estado natural, os quartzitos apresentam cores que oscilam por diversas tonalidades. São freqüentemente encontrados com uma coloração de tons claros. Entretanto, a presença de outros elementos químicos ou substâncias naturais em sua constituição pode transferir aos quartzitos uma coloração de tons acinzentados, vermelhos,

prateados e esverdeados (Pelucio, 2001). A Figura 4.55 mostra alguns exemplos de tonalidades de quartzito em função dos elementos minerais constituintes.



FIGURA 4.55 – Exemplos da diferença de cores e tonalidades encontradas em quartzitos, em função da presença de elementos minerais diferentes em sua constituição.

FONTE: Modificada de Pelucio (2001).

A exploração do quartzito (também chamado comercialmente de pedra mineira ou goiana) apresenta uma extensão limitada devido ao tipo de intemperização ideal para a extração do material, uma vez que a rocha de valor comercial ideal não pode ser nem totalmente intemperizada, nem totalmente sã (“*bedrock*”). Os quartzitos de melhor qualidade estão localizados nas camadas mais profundas, onde sofreram um processo maior de estratificação, podendo ser extraídos em placas, sem esfarelamento (Figura 4.56). Nestas camadas, os quartzitos são mais resistentes, apresentando um elevado grau de dureza e um baixo nível de absorção. O fato dos quartzitos mais adequados para extração encontrarem-se em faixas específicas da rocha, gera muito desperdício (resíduo) neste tipo de lavra. Uma abordagem sobre as implicações destes resíduos de pedreiras nos mananciais com atratividade para ecoturismo merece estudos mais detalhados.



FIGURA 4.56 - Vistas parciais de uma jazida de quartzito. Notar na figura da direita a forma de extração em placas da rocha de quartzito.

FONTE: Modificada de Pelucio (2001).

Um fato curioso que não é mencionado na literatura, mas merece comentário, diz respeito ao aspecto sócio-cultural da mão-de-obra. Segundo informações locais, em algumas pedreiras, os trabalhadores são descendentes de gerações de escravos que trabalharam nas lavras e que procuraram transmitir o ofício para seus descendentes, perpetuando desta forma um legado sócio-cultural que remonta à época da escravidão. Uma outra curiosidade, é que algumas ferramentas utilizadas para a extração da rocha de quartzito, em pedreiras mais rudimentares, provêm do reaproveitamento do aço de dormentes de ferrovias extintas.

### **4.3.3 As Vias de Acesso**

O acesso principal à área de estudo é feito pela rodovia MG 050, que liga Belo Horizonte à região nordeste do Estado de São Paulo. Esta rodovia corta quase que diagonalmente o retângulo definido como área de pesquisa. No interior da área delimitada há duas sedes municipais: a cidade de São José da Barra e a cidade de Capitólio. Entretanto, como os limites da área de pesquisa abrangem quase na sua totalidade o município de Capitólio, a cidade de Capitólio foi tomada como referência para a indicação de distâncias das vias de acesso nesta dissertação.

O trajeto para um visitante chegar até Capitólio, caso venha de Belo Horizonte ou Rio de Janeiro, é chegar à cidade mineira de Piumhi e continuar o percurso ao longo da rodovia MG 050, virando no primeiro entrocamento à esquerda. A sinalização das placas indica “Capitólio – cidade rainha dos Lagos”. Para o visitante que vem de São Paulo, ao atravessar a cidade mineira de Passos, deve prosseguir como se fosse no sentido da Vila de Furnas, entretanto, no entrocamento para a Vila de Furnas, deve seguir a indicação das placas da MG-050, sentido Belo Horizonte. Uma vez atravessada a ponte do Rio Grande, o visitante deve prosseguir ao longo da rodovia até o entrocamento indicado, onde está sinalizada a entrada para Capitólio, à direita.

A Figura 4.57 mostra em um pequeno esquema as vias de acesso para a área de estudo, para um visitante que vem de São Paulo, Belo Horizonte ou Rio de Janeiro.

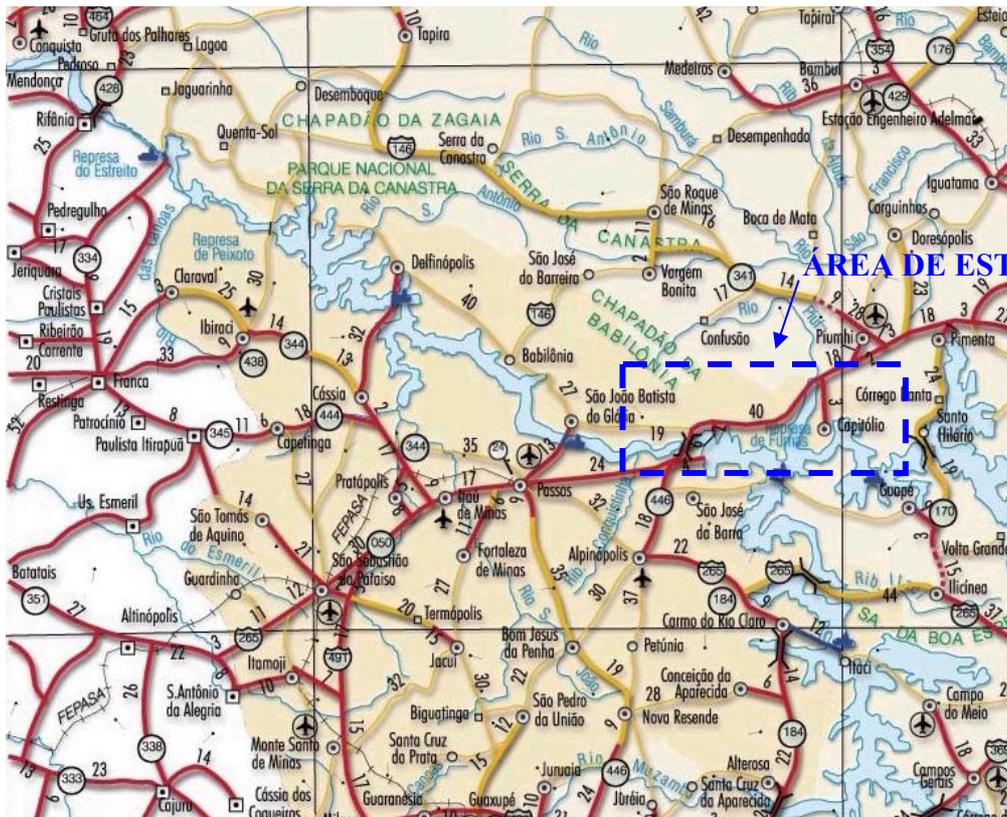
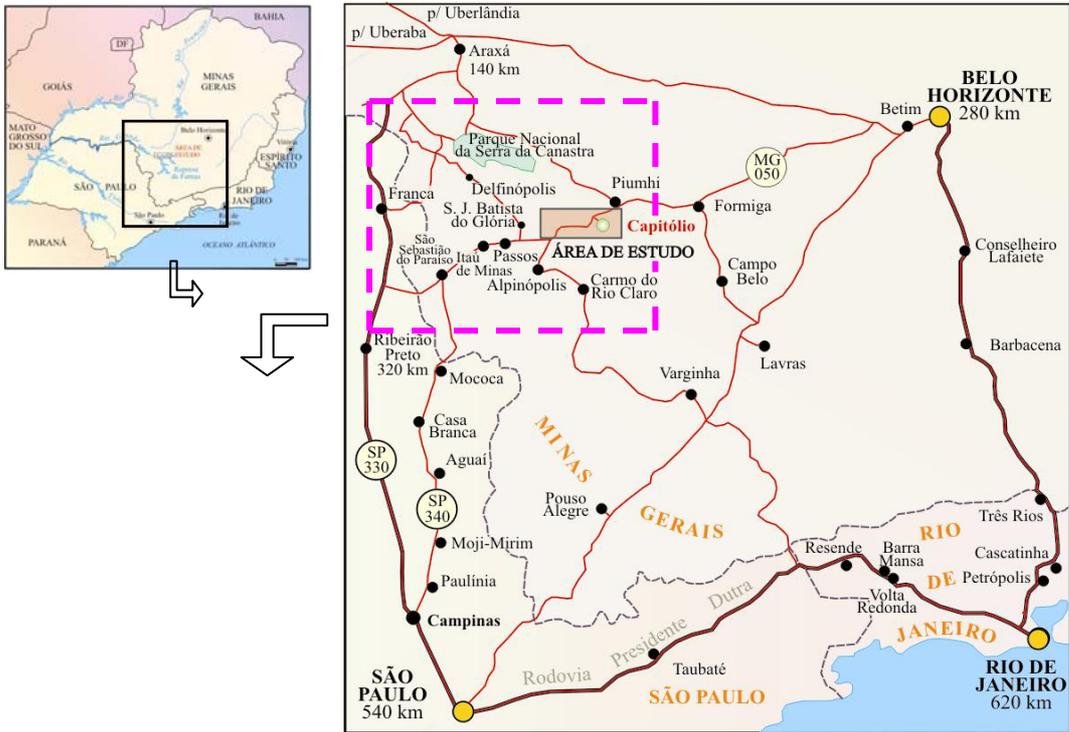


FIGURA 4.57 – Localização da área de estudo e suas principais vias de acesso.  
 FONTE: Adaptada de <http://planeta.terra.com.br/turismo/barcelos/mapa.html>.



## CAPÍTULO 5

### PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 5.1 Materiais e Procedimentos Metodológicos

Para a presente pesquisa os materiais utilizados foram:

- Imagens orbitais (meio digital):
  - ✓ Bandas 3, 4, 5 e 7 do sensor TM do LANDSAT 5, órbita/ponto 219/074 com data de aquisição em 16 de julho de 1990.
  - ✓ Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 7 e Pancromática do sensor ETM+ do LANDSAT 7, órbita/ponto 219/074 com data de aquisição em 07 de agosto de 2001.
- 75 fotografias aéreas coloridas, escala 1:25.000, com data de levantamento aerofotogramétrico de 02 de agosto de 2001.
- Folhas topográficas do IBGE (1:50.000):
  - ✓ Capitólio – Articulação SF-23-V-B-IV-2
  - ✓ Furnas – Articulação SF-23-V-B-IV-1
  - ✓ Santo Hilário – Articulação SF-23-C-III-1
- GPS de navegação GARMIN
- Estereoscópio de espelho
- Softwares:
  - ✓ SPRING versão 3.6.3, Módulos IMPIMA, SCARTA e IPLOT.
  - ✓ AutoCAD 2000
  - ✓ CorelDRAW 10
  - ✓ PrintKey 2000 versão 5.10

Como já mencionado no capítulo introdutório desta dissertação, a pesquisa em questão procurou, através de recursos geotecnológicos, elaborar um Banco de Dados Geográficos, com ênfase aos pontos com potencial para ecoturismo. Através de uma adaptação da metodologia de Zoneamento Ecológico-Econômico (Crepani et al., 1999), a pesquisa procura também definir unidades de paisagem. O Banco de Dados Geográficos será o

instrumento que servirá de subsídio às iniciativas de planejamento para o ecoturismo na região. A Figura 5.1 mostra o esquema metodológico da pesquisa, em modelo OMT-G, para melhor compreensão das etapas operacionais realizadas.

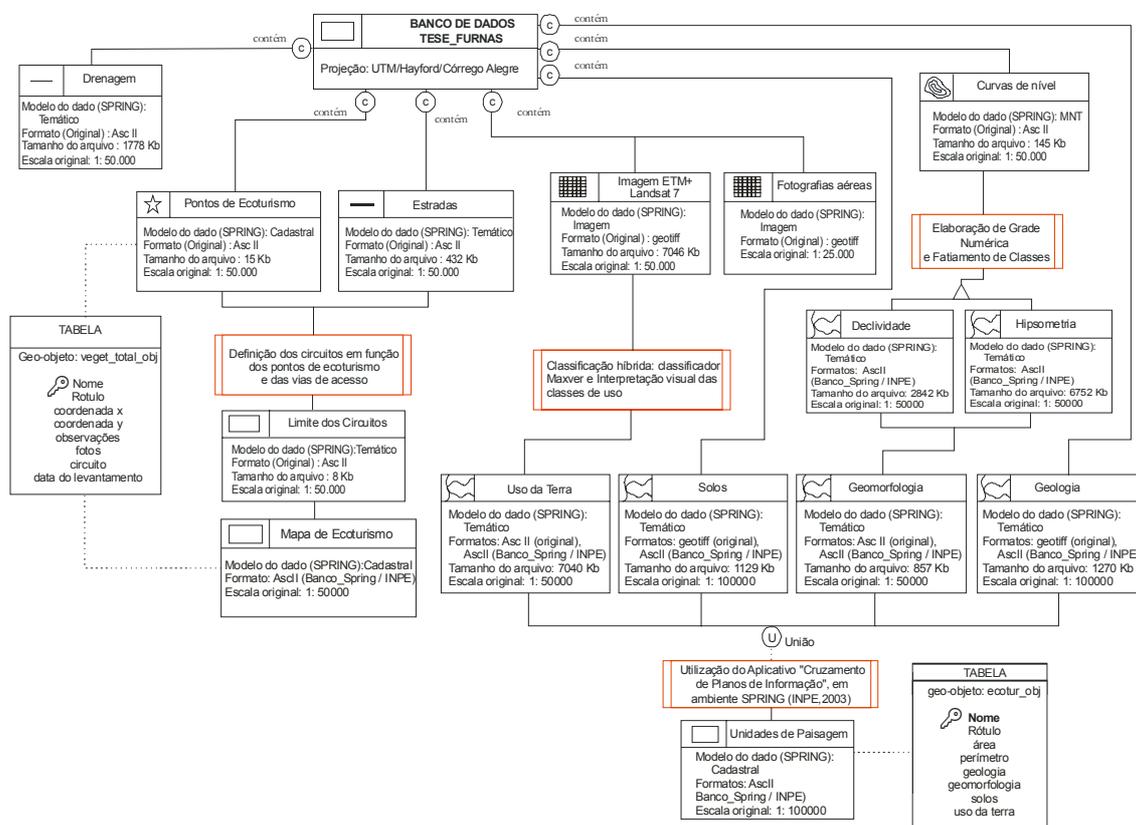


FIGURA 5.1 – Fluxograma OMT-G dos procedimentos da pesquisa.

## 5.2 Metodologia do Levantamento de Campo

O estudo dos elementos da paisagem através dos trabalhos de campo foram subdivididos em duas etapas: na primeira etapa, foi feito o levantamento de geologia concomitante ao de geomorfologia, no período de junho/julho de 2001, caracterizando um período de estiagem da região; e uma segunda etapa, em que foi feito o levantamento de vegetação e cobertura do solo, durante o mês de fevereiro de 2002, caracterizando um período de chuvas. Esses levantamentos foram feitos, portanto, com uma diferença de oito meses, fato que possibilitou algumas análises sobre o clima da região, especialmente no que concerne à variação no regime de chuvas e seu impacto para o ecoturismo da região. Salienta-se também que, durante os trabalhos de campo, apesar do enfoque da pesquisa estar mais

direcionado para os elementos naturais da paisagem, foram também cadastrados para o Banco de Dados outros pontos de interesse para ecoturismo, tais como: restaurantes, pousadas, lojas de artesanatos, hotéis, casas antigas de fazenda, postos de gasolina, etc.

Inicialmente serão descritos os procedimentos utilizados para o levantamento de campo no que concerne à geologia e à geomorfologia. Depois, na seqüência, o levantamento de cobertura vegetal e uso do solo e, finalmente, o levantamento dos atrativos turísticos através do GPS de navegação.

### **5.2.1 Levantamento Geológico e Geomorfológico**

Os trabalhos de campo relacionados à geologia e geomorfologia foram feitos por uma equipe multidisciplinar composta por especialistas da área de geologia estrutural e geomorfologia. Inicialmente a equipe percorreu de carro (em trechos transitáveis) e também a pé, as principais trilhas de cachoeiras da área de estudo. A equipe também fez um roteiro deslocando-se pelo lago de Furnas, através de lancha, para ter acesso a algumas cachoeiras e observar as formas de relevo e as principais orientações das estruturas de falhas dos paredões de quartzito que ladeiam os cursos d'água encaixados (cânions) e que desembocam no lago de Furnas. Em alguns desses pontos foram feitas medições do mergulho das camadas de quartzitos, registradas suas coordenadas planas utilizando o GPS de navegação e confeccionados desenhos esquemáticos, tendo como referencial a imagem de satélite (TM Landsat 5) e o mapa geológico da região de abrangência do Lago de Furnas, feito por Mattos (1986). Posteriormente, as informações levantadas serviram como verdade de campo para as interpretações de pares estereoscópicos das fotografias aéreas em laboratório e depois foram sistematizadas para o Banco de Dados.

A Figura 5.2 mostra a equipe de trabalho durante o levantamento das feições de interesse para ecoturismo na Trilha do Sol.



FIGURA 5.2 - Equipe multidisciplinar realizando levantamento dos aspectos geológicos/geomorfológicos da área de estudo na Trilha do Sol - Município de Capitólio (MG).

### 5.2.2 Levantamento da Cobertura Vegetal e Uso da Terra

Material utilizado especificamente para o campo de vegetação:

- ✓ GPS de navegação Garmin
- ✓ Podão de mão
- ✓ Podão de vara
- ✓ Sacos plásticos grandes
- ✓ Câmaras fotográficas (digital e analógica)
- ✓ Prensa rústica portátil para plantas
- ✓ Veículo do INPE

Inicialmente foram analisadas as imagens orbitais e as fotografias aéreas das trilhas selecionadas para serem inventariadas com vistas à elaboração de circuitos ecoturísticos para a área de estudo. A equipe se dirigiu às trilhas onde foram tomadas coordenadas por GPS. Dava-se início então à caracterização do tipo de vegetação predominante nos pontos de maior interesse e ao longo das trilhas. Esta caracterização foi feita apenas visualmente, considerando as seguintes características: porte (altura) e densidade da vegetação, topografia, presença de curso d'água, presença de solo ou rocha exposta, presença de gramíneas, espécies típicas ou predominantes e grau de antropização. Dentro da proposta metodológica deste trabalho, a coleta botânica foi realizada apenas nas trilhas de acesso por

carro ou a pé. Indivíduos muito altos ou inférteis foram evitados devido à dificuldade de coleta e de identificação. (Figura 5.3).



FIGURA 5.3 – Coleta de material para o levantamento da vegetação da área. Circuito do Funil – Município de Capitólio – MG.

À medida que se percorria a trilha, foram escolhidos como amostra da flora local os indivíduos mais representativos da vegetação para serem coletados. Em alguns casos, a coleta distanciou-se das trilhas e algumas espécies foram coletadas em locais sem interferência humana. As espécies típicas que não puderam ser identificadas no próprio campo tiveram alguns de seus ramos férteis (partes coletadas: folhas, frutos, inflorescências) coletados com podões e acondicionados em sacos plásticos para posterior prensagem. Após a prensagem, o material botânico foi seco dentro de jornais ao ar livre, durante vários dias. Esse material foi levado ao Herbário do Departamento de Botânica da USP e identificado por comparação com o auxílio de literatura especializada. Todos os espécimes coletados foram identificados taxonomicamente quanto à família botânica, gênero e quando possível, em nível de espécie. Os nomes comuns de cada espécie, quando existentes, foram obtidos junto aos camponeses e moradores das imediações das trilhas. Foi efetuada ampla documentação fotográfica dos tipos de vegetação e de algumas espécies interessantes encontradas nas trilhas e nos pontos de interesse ecoturístico, no sentido de construir um acervo fotográfico da flora regional, o qual está mencionado no Capítulo 6, **Resultados e Discussão**, deste trabalho.

### 5.2.3 Levantamento dos Pontos de Interesse para Ecoturismo

O levantamento dos pontos com potencial para ecoturismo foi feito, basicamente, tomando-se nota das coordenadas planas, através do GPS de navegação, e obtendo o registro fotográfico do local de interesse. Em boa parte dos atrativos também foi esboçado um croqui de localização, que ajudou mais tarde na identificação<sup>13</sup> exata do ponto na interpretação das fotografias aéreas.

Com base nas imagens orbitais, o levantamento de pontos teve início a partir de locais que já apresentavam uma infra-estrutura para ecoturismo, ao longo da rodovia MG-050. Depois, com base em informações da Secretaria Municipal de Turismo de Capitólio e de moradores locais, paulatinamente, este levantamento foi ampliado para outros atrativos naturais e de alguns pontos interessantes para o turismo da região. A Figura 5.4 mostra (em cor amarela) todos os pontos percorridos durante as duas etapas de trabalho de campo da pesquisa.

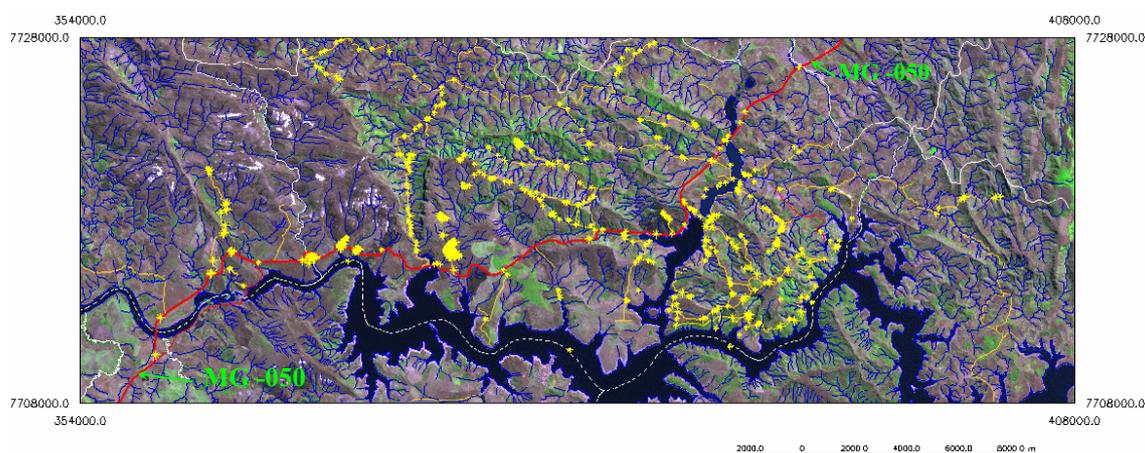


FIGURA 5.4 – Pontos (em amarelo) levantados durante as duas etapas de trabalho de campo.

### 5.3 Elaboração do Banco de Dados no SPRING

Para alcançar os objetivos desta pesquisa, todos os processamentos de imagens e demais procedimentos foram feitos no SPRING. Este Sistema está baseado em um modelo de dados “orientado a objetos”, que combina as idéias de “campos” e “objetos geográficos”.

A elaboração de um Banco de Dados no SPRING inicia-se com a definição de um diretório, onde são armazenados os dados, e de um gerenciador de banco de dados, que foi utilizado para armazenar as informações em forma de tabelas. Uma vez definidos o diretório e o gerenciador, a etapa seguinte é criar um Projeto.

Para criar um **Projeto**, é necessária a definição do **Retângulo Envolvente**, o qual reporta-se aos limites geográficos da área de estudo, e da **Projeção Cartográfica**. No caso desta pesquisa, os valores foram:

Retângulo Envolvente (em coordenadas planas):

Fuso: **22**

X1= **354.000 m** e X2= **408.000 m**

Y1= **7.708.000 m** e Y2= **7.728.000 m**

Projeção cartográfica: **UTM/Hayford/Córrego Alegre**

Meridiano de Origem: **45° 00' 00" Oeste**.

Uma vez criados o Banco de Dados e o Projeto, o primeiro procedimento é criar as Categorias de dados. Para as entidades geográficas que podem ser modeladas como geo-campo foram criadas Categorias do tipo Imagem, Temático e Numérico. Para as entidades geográficas que podem ser modeladas como geo-objetos foram criadas as Categorias do tipo Objeto, Cadastral e Não-Espacial.

#### **5.4 Processamento Digital de Imagem**

O Processamento Digital de imagem orbitais nesta pesquisa consistiu em registrar as imagens, realizar diversos realces de acordo com os alvos a serem destacados em cada banda e realizar a fusão de imagens no espaço de cores IHS-RGB, das bandas Pancromática e bandas espectrais 3, 4 e 5 do ETM+ Landsat 7.

##### **5.4.1 Registro de Imagens e Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC)**

Inicialmente, optou-se pelo georreferenciamento da cena da imagem Pancromática do ETM+ Landsat 7 através de um único ponto, uma vez que a geometria da cena era mais

---

<sup>13</sup> O croqui também propicia ao intérprete uma visão de entorno, considerando: vizinhança, pertinência e

confiável do que o registro advindo do mosaico de três cartas topográficas. O registro das imagens, neste caso, levou em consideração a correção de Sistema do SPRING. Foi definido no campo um ponto de controle para servir de referência para o SIG SPRING. O ponto escolhido foi o cruzamento da MG-050 e a estrada que vai para a cachoeira do Grotão, cujas coordenadas planas foram transferidas para o SPRING através do teclado. A validação do georreferenciamento (distribuição do erro) foi feita através da comparação das coordenadas de 32 pontos levantados em campo. O erro médio de posicionamento encontrado foi de aproximadamente 25 metros (cerca de 2 pixels de 12,5 m), o que permite classificar os mapas gerados a partir da imagem georreferenciada em cartas classe “A” pelas exigências do PEC<sup>14</sup>.

#### **5.4.2 Fusão de Imagens no Espaço de Cores IHS-RGB**

O processo da fusão de imagens no espaço de cores IHS-RGB envolveu o cálculo das componentes IHS a partir das bandas espectrais 3b, 4g e 5r do ETM+ Landsat 7. Em seguida substituiu-se a componente Intensidade (I) pela banda pancromática ETM+ do Landsat 7 e aplicou-se a transformação inversa IHS-RGB. Deste modo obteve-se uma composição colorida com a resolução espectral das bandas do ETM+ e a resolução espacial nominal da banda pancromática, que é de aproximadamente 12,5 m.

O procedimento constou das seguintes etapas:

- 1 - Foi feito o registro das bandas espectrais 3, 4 e 5 em função da banda Pancromática do ETM+ Landsat 7, com 1 ponto de controle, utilizando a correção de sistema no SPRING.
- 2 - Foi feita a transformada no espaço de cores RGB→IHS das bandas 5-4-3 RGB no SPRING, gerando as componentes (I), (H) e (S).

---

proximidade.

<sup>14</sup> É considerada uma carta padrão “classe A” pelas Normas Técnicas da Cartografia Nacional, Decreto N° 89.817 de 20 de junho de 1984, aquela que apresenta erro planimétrico de até 0,5 mm na escala da carta. No caso do georreferenciamento da pesquisa, o erro poderia ser até de 25 m para os mapas gerados com escala de 1: 50.000 e de até 50 m para os mapas com escalas de 1: 100.000.

3 - A partir da estatística da imagem, fornecida pelo SPRING, foi efetuada a equivalência de ganho e offset<sup>15</sup> da banda pancromática com a componente (I). O **ganho** (representado pela letra “a”) foi calculado através da seguinte fórmula:

$$a = \sigma_I / \sigma_{Pan}, \text{ onde:}$$

$\sigma_I$  = desvio padrão da componente I

$\sigma_{Pan}$  = desvio padrão da banda pancromática.

O valor encontrado de “a” foi de **2,059233449** (ganho).

O valor de **offset** (representado pela letra “b”) foi calculado pela seguinte fórmula:

$$b = \text{média (I)} / - a. (\text{média Pan}), \text{ onde:}$$

média (I) = média dos valores de níveis de cinza da componente I.

média Pan = média dos valores de níveis de cinza da banda pancromática

a = valor do ganho.

O valor encontrado para “b” offset foi de **-16,5391637**.

4 – Uma vez calculados os valores de ganho e offset, foi gerada a nova componente I, (representada pela letra **C**, na fórmula abaixo) que se trata dos valores de níveis de cinza da banda Pancromática (representada pela letra **A**) com a mesma equivalência de média e variância da componente I anterior. Esta operação foi feita através da ferramenta “Operações Aritméticas” do SPRING. A operação realizada utilizou a seguinte fórmula:

$$C = \text{ganho} * A + \text{offset}$$

Onde: **A** = Plano de informação com a imagem da banda pancromática.

**C** = nova componente I gerada.

5 – Foi realizada a transformada inversa no espaço de cores IHS→RGB, substituindo a componente I anterior pela nova componente I gerada, utilizando-se novamente o menu de ferramentas do SPRING. Obteve-se, desta forma, uma imagem com a

---

<sup>15</sup> Valores de ganho e offset dizem respeito, respectivamente, à variância e à média da imagem.

resolução espacial da Pancromática ETM+ Landsat 7 e as características espectrais das bandas 3, 4 e 5 do ETM+ Landsat 7.

O resultado desta transformação pode ser exemplificado na Figura 5.5.

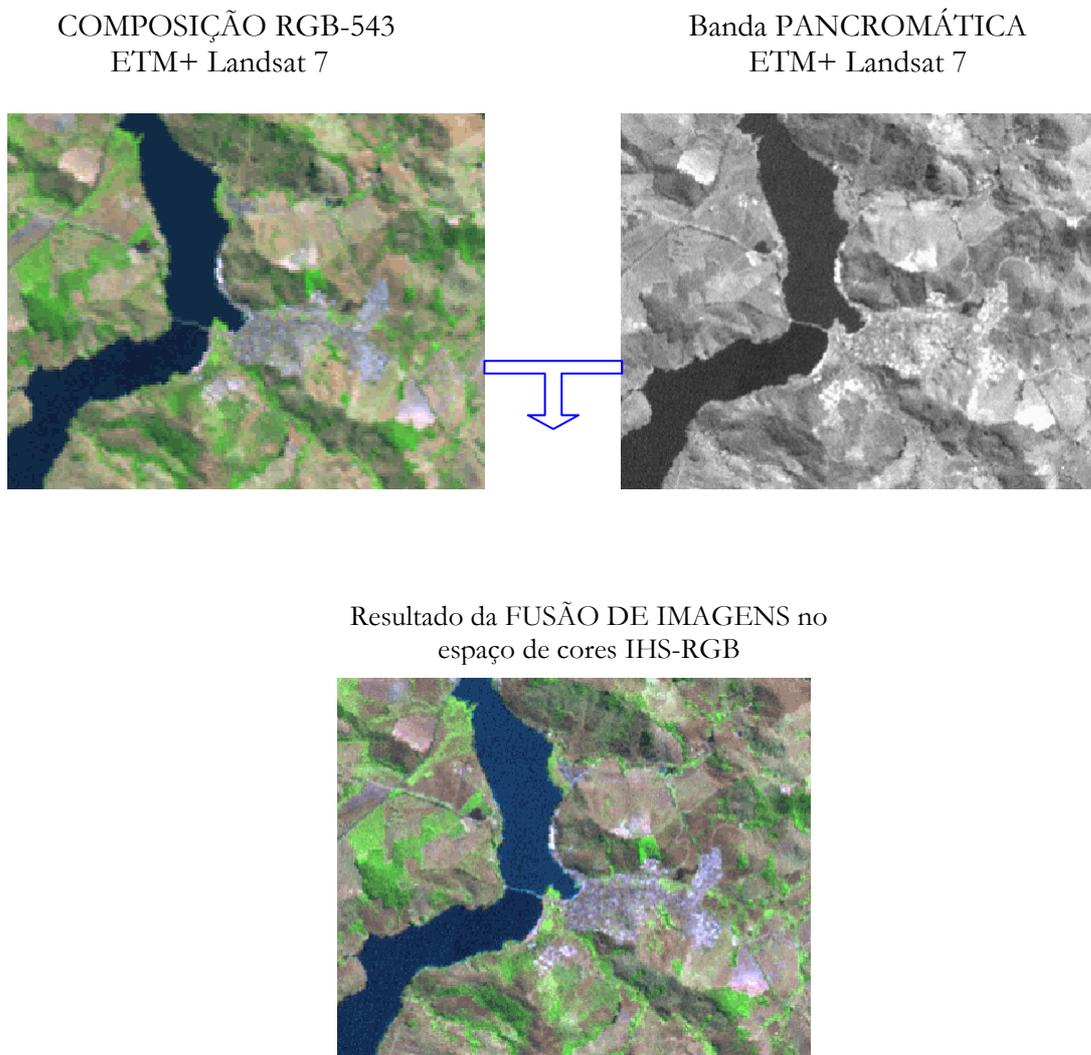


FIGURA 5.5 – Detalhe da área de estudo mostrando a cidade de Capitólio – MG. Notar a melhor resolução espacial da imagem resultante da fusão IHS-RGB em relação à composição 543-RGB, e da resolução espectral em relação à banda pancromática.

## 5.5 Mapas Temáticos

Uma vez obtida a imagem resultante da fusão IHS-RGB, deu-se início à importação dos dados digitalizados do **mosaico das cartas topográficas**, das quais foram obtidas a **rede de drenagem** e as **curvas de nível**. Após essa etapa, foram elaborados os mapas temáticos de **geologia**, **geomorfologia**, **solos** e de **uso do solo/cobertura vegetal**, nesta seqüência, seguindo os procedimentos de integração dos elementos temáticos da paisagem propostos na metodologia do ZEE/INPE (Crepani et al, 1999). Uma descrição de cada procedimento é feita a seguir.

### 5.5.1 Mosaico das Cartas Topográficas

Nesta pesquisa, toda a rede de drenagem e as curvas de nível foram digitalizadas do mosaico das cartas topográficas de Furnas, Capitólio e de parte da carta de Santo Hilário, em escala 1:50.000. O mosaico foi feito a partir da criação de um PI contendo as três cartas topográficas, ou seja, foi efetuado o registro de cada carta topográfica no SPRING, em um mesmo PI. Uma vez registradas e mosaicadas as cartas topográficas, inicia-se a digitalização dos elementos de drenagem e das curvas de nível, diretamente na tela, através da ferramenta de edição vetorial do SPRING.

### 5.5.2 Mapa da Rede de Drenagem

Parte da rede de drenagem advinda da digitalização do mosaico das cartas topográficas apresentou um erro de posicionamento considerável, quando comparada com a imagem resultante da fusão IHS-RGB. Até certo ponto este erro é esperado, em função da somatória de pequenos erros de posicionamento na realização do mosaico<sup>16</sup> e da generalização, em função da escala, dos elementos de drenagem de uma carta topográfica quando comparadas às imagens orbitais. Para corrigir este erro, foi feito um registro vetorial, no SPRING, onde a rede de drenagem foi ajustada à imagem resultante da fusão IHS-RGB, uma vez que se considerou a geometria da imagem como verdade-terrestre.

---

<sup>16</sup> Na execução de um mosaico, por mais cuidado que se tome por parte do operador, pequenos erros sistemáticos de posicionamento são acrescidos em função do número de cartas que estão sendo mosaicadas, das distorções da digitalização no *scanner*, de erros de confecção da própria carta topográfica, etc. No caso da pesquisa, como foram três cartas mosaicadas, a terceira carta chegou a apresentar um erro, perceptível pelo desvio de alguns elementos da drenagem, além do limite tolerável para os padrões de exatidão cartográfica.

Neste caso, foi gerado um arquivo com seis pontos de controle, onde cada ponto apresentava correspondência (exatidão) de feições entre a imagem Pancromática e a rede de drenagem digitalizada. Uma vez escolhidos os pontos do registro vetorial, o arquivo de pontos foi salvo no Sistema SPRING e foi importado juntamente com os vetores (linhas) digitalizados da rede de drenagem na criação de um novo PI. O novo PI de drenagem gerado passou a apresentar a rede de drenagem com a correção de posicionamento em função dos pontos de controle escolhidos.

Uma vez importados os elementos da drenagem ainda foi necessário corrigir a diferença da generalização da drenagem (em função da escala de origem da carta topográfica) em relação à imagem da área de estudo. Nesse caso, o ajuste de cada segmento da drenagem foi feito na própria tela, através da ferramenta de edição vetorial do SPRING. Entretanto, para evidenciar na imagem os padrões de dissecação da drenagem existentes no terreno, optou-se por associar a cada canal um contraste diferenciado da banda pancromática, através das ferramentas de contraste do SPRING, da seguinte forma:

Canal **R** – contraste de Quadrado

Canal **G** – contraste de Equalização de Histograma

Canal **B** – contraste de Raiz Quadrada

O resultado desta composição pode ser visto na Figura 5.6, bem como a diferença entre as linhas de drenagem que vieram da carta topográfica e os canais de drenagem perceptíveis na textura da banda pancromática nesta composição.

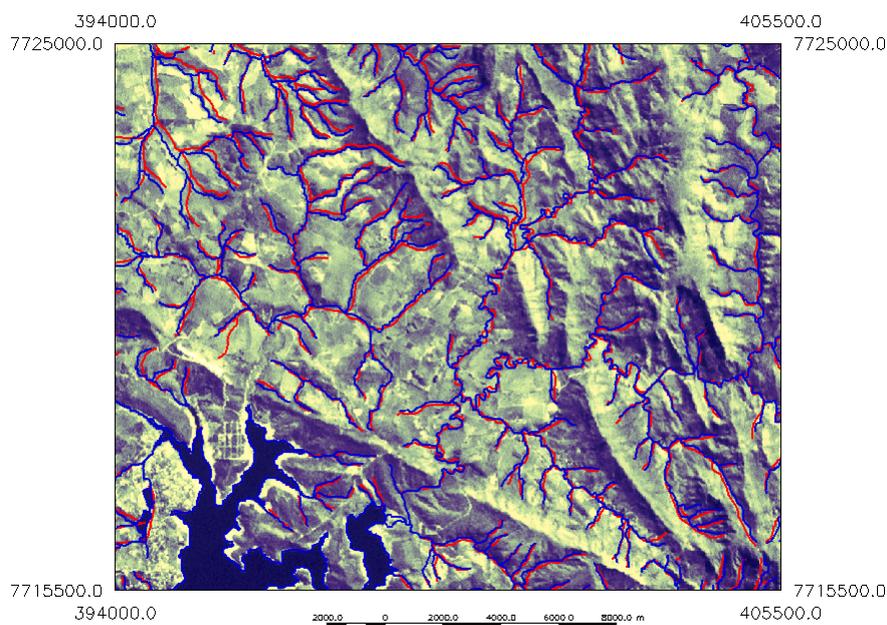


FIGURA 5.6 – Pequeno recorte da área de estudo, mostrando o Balneário Escarpas do Lago (canto inferior esquerdo) e as Serras da Pimenta. Nesta composição os canais RGB estão associados respectivamente aos contrastes “Quadrado – Equalização de Histograma - Raiz Quadrada” na banda pancromática do sensor ETM+ do Landsat 7. As linhas em cor vermelha são as drenagens que vieram da digitalização da carta topográfica e em azul, as drenagens já ajustadas manualmente na imagem, através da ferramenta de edição vetorial do SPRING.

É importante salientar que, na elaboração do mapa de drenagem, muitas vezes foi necessário o uso da estereoscopia das fotografias aéreas para elucidar dúvidas no sentido da drenagem que não estavam condizentes com carta topográfica, entretanto, nem todos os pequenos canais de drenagem (crênulas) que são perceptíveis na textura da imagem foram retirados para o PI de drenagem.

A delimitação das drenagens de margem dupla e dos limites do Lago de Furnas foi feita através da classificação não-supervisionada, utilizando-se o classificador ISOSEG. Foram necessários pequenos ajustes de algumas bordas do Lago onde houve uma certa confusão com áreas inundáveis. Estes ajustes foram feitos manualmente, diretamente na tela, com a ferramenta de edição matricial do SPRING.

### 5.5.3 Dados de Altimetria

Para se gerar os mapas de hipsometria e de declividade da área de estudo foi necessária a importação dos dados digitalizados das curvas de nível proveniente da carta topográfica, utilizando-se do mesmo arquivo de pontos de controle do registro vetorial da rede de drenagem, para corrigir as distorções embutidas na elaboração do mosaico. Desta forma foi mantida a coerência de posicionamento entre a drenagem e as curvas de nível digitalizadas da carta topográfica, porém, com a correção de sistema da imagem que, como já foi mencionado, foi considerada como verdade-terrestre.

#### 5.5.3.1 Modelo Digital do Terreno: Mapas de Altimetria e Declividade

Os produtos do Modelo Digital do Terreno foram feitos no SPRING a partir dos dados digitalizados das curvas de nível e dos pontos cotados (amostras). Através da ferramenta MNT, foram geradas as grades retangular e triangular (TIN – *Triangular Irregular Network*). A partir destas grades foram gerados os mapas de **altimetria**, com curvas de 100 em 100 metros e o mapa de **declividade**, através da interface “declividade” da ferramenta MNT do SPRING. Nesta interface, o próprio Sistema faz o fatiamento das classes, gerando um mapa de declividade temático, em formato matricial, a partir das classes que foram definidas inicialmente no Modelo de Dados do SPRING. As classes de declividade foram definidas em 0-2%, 2-5%, 5-10%, 10-20%, 20-50% e + de 50%. Também foi gerada, a partir da grade retangular, uma imagem em nível de cinza que ajudou a corrigir alguns erros de digitalização das curvas de nível. A grade retangular permitiu também gerar a visualização do relevo em 3-D, em modelo de bloco-diagrama. Este modelo foi muito importante para se ter uma idéia da paisagem com interesse para ecoturismo.

### 5.5.4 Mosaico das Fotografias Aéreas

Para ajudar na interpretação de detalhes da imagem e também para definir melhor o que foi levantado em campo, foi necessário recorrer às fotografias aéreas da área, que foram obtidas em um recobrimento aéreo feito exclusivamente para esta pesquisa. O ideal seria

que elas estivessem ortorretificadas<sup>17</sup>, entretanto, foi possível montar um mosaico não-controlado, a título de apoio para os demais mapeamentos, com o aplicativo CorelDRAW.

Inicialmente foram separadas as cinco faixas de fotografias aéreas que abrangiam a área de pesquisa. Depois, foram selecionadas algumas fotos por faixa, em função da concentração dos pontos levantados em campo. Cada foto foi digitalizada no *scanner* e, paulatinamente, cada arquivo digital (foto “escanerizada”) foi recortado e guardado em um diretório. As fotos foram mosaicadas, de acordo com sua numeração e faixa, uma a uma, até completar o fotomosaico (Figura 5.7).

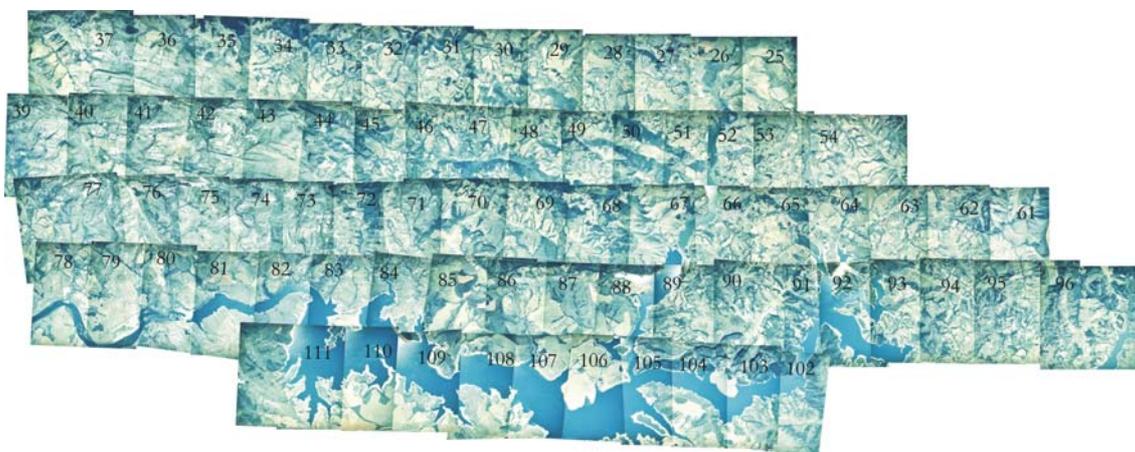


FIGURA 5.7 – Mosaico não-controlado das fotografias aéreas da área de estudo.

### 5.5.5 Mapa de Geologia

O mapa de geologia foi confeccionado a partir dos ajustes das unidades geológicas mapeadas por Mattos (1986). A imagem da área escolhida como “âncora” foi a TM Landsat 5, composição 5-4-3 RGB de 16 de julho de 1990. O critério de escolha desta imagem levou em consideração o ângulo de elevação solar<sup>18</sup> em função do sombreamento que permite destacar melhor as feições do relevo, e também o ano de aquisição da imagem, com preferência para datas mais antigas, por apresentar uma menor interferência da intensificação do uso do solo (a data escolhida apresenta o uso do solo de mais de dez anos

<sup>17</sup> Não foi possível ortorretificar as fotografias aéreas porque não havia dados de altimetria compatíveis com a escala das fotografias aéreas (1: 25.000).

<sup>18</sup> O fato da data da imagem ser do dia 16 do mês de julho significa que o ângulo de elevação solar é baixo, o que propicia um maior sombreamento, evidenciando algumas feições do relevo que talvez não fossem bem destacadas em outra época do ano em função de um ângulo de elevação solar mais alto.

atrás). Estes critérios facilitam a interpretação das feições de interesse geológico e geomorfológico na imagem.

A elaboração do mapa temático de geologia constou de duas etapas. A primeira foi transpor para o ambiente digital o mapa preexistente de geologia da região, que foi elaborado por Mattos (1986). A segunda etapa consistiu em ajustar na imagem da área de estudo as feições dos limites de cada classe geológica do mapa de Mattos. Segue a descrição de procedimentos da primeira etapa.

- 1- Inicialmente, foi digitalizado através do *scanner* o mapa de geologia de Mattos (1986).
- 2- Uma vez digitalizado em formato matricial, é necessário transformá-lo para o formato vetorial. Em seguida, foi feito, então, o registro do referido mapa em formato matricial no SPRING.
- 3- Através da ferramenta de edição vetorial do SPRING, deu-se início à digitalização manual diretamente na tela, criando um novo PI no Projeto de trabalho.
- 4- Após a digitalização, o PI foi poligonalizado e classificado de acordo com o mapa geológico de Mattos (1986).

Com o mapa pronto, no formato vetorial, deu-se início à segunda etapa. O ajuste das delimitações de cada polígono temático foi feito diretamente na tela, com a ajuda da estereoscopia das fotografias aéreas inclusive e utilizando-se da ferramenta de edição vetorial do SPRING. Os passos do procedimento foram:

- 1- Na Tela 1 do SPRING desenha-se apenas as linhas de geologia sobre a imagem TM Landsat 5, RGB 543, 16-07-1990.
- 2- Acoplado na Tela 2 do SPRING<sup>19</sup> o PI de curvas de nível, é redesenhada ou ajustada ponto a ponto a linha da geologia sobre a imagem. A interpretação é feita analisando sempre os três aspectos: linha do mapa anterior, imagem da área e as curvas de nível.

---

<sup>19</sup> Para que não haja muita confusão de linhas na tela principal para o operador, utiliza-se como artifício o acoplamento de telas auxiliares no SPRING. É necessário um certo treino para manipular as telas auxiliares e muito exercício de interpretação de imagens.

Após a elaboração do mapa de geologia, foi necessária a interpretação especializada das estruturas geológicas. Nesta etapa, a pesquisa contou com a colaboração do geólogo que acompanhou o trabalho de campo, o qual fez a interpretação das estruturas e confirmação dos ajustes do mapa de Mattos na mesa de luz, sobre a imagem em formato analógico (papel). As estruturas desenhadas em papel poliéster foram digitalizadas no *scanner*, registradas e digitalizadas manualmente para o SPRING, através da ferramenta de edição vetorial.

O resultado deste procedimento foi um mapa digital de geologia com as estruturas coerentes com a imagem da área e com a escala de trabalho.

### **5.5.6 Mapa de Geomorfologia**

Ao contrário do mapa de geologia, a elaboração do mapa de geomorfologia não contou com um mapa preexistente que tivesse uma escala de trabalho compatível com os objetivos da pesquisa. Foi necessário elaborar um mapa de geomorfologia específico para a área de estudo, em função da escala de trabalho.

Partindo da premissa de integração das unidades de paisagem da metodologia do ZEE/INPE, o mapa de geomorfologia foi feito a partir dos ajustes de algumas linhas copiadas do mapa de geologia, que entraram como quebras negativas do relevo. A interpretação também foi apoiada na imagem TM Landsat 5, composição 543 RGB de 16 de julho de 1990, utilizando-se dos critérios de cartografia geomorfológica proposta por Ross (1992), já mencionada anteriormente.

Inicialmente foram copiadas as linhas do PI de Geologia. A partir da interpretação das unidades geomorfológicas sobre a imagem, eram suprimidas as linhas desnecessárias do PI de Geologia e delimitadas (digitalizadas) na tela as classes temáticas de geomorfologia, através da edição vetorial. A seqüência do procedimento é idêntica ao descrito na segunda etapa da elaboração do mapa geológico, entretanto, a interpretação foi apoiada nos seguintes aspectos: linhas de geologia (como quebra negativa), imagem (fornecendo a quebra positiva do relevo) e as curvas de nível. Algumas vezes, na Tela 2 eram desenhados e acoplados os mapas de altimetria e de declividade, para apoiar a interpretação.

### 5.5.7 Mapa de Solos

Para a elaboração do mapa de solos da área de estudo, à semelhança do mapa de geologia (em que já existia um mapa da área de estudo com escala compatível à pesquisa), foi utilizado o mapa de Almeida et al. (1972) como ponto de partida. Entretanto, este levantamento cobria cerca de 80% da área de pesquisa. Para complementar os 20% restantes, foi utilizado o mapa de Levantamento Pedológico realizado por Camargo et al. (1962), onde constavam informações de solos de toda a área de influência do reservatório da UHE de Furnas.

O procedimento de elaboração do mapa de solos da área de estudo apresentou, então, quatro etapas distintas. A primeira etapa consistiu em passar os mapas preexistentes para o meio digital. Entretanto, como já mencionado na revisão de literatura, devido à data em que ambos os mapas foram feitos, estes apresentavam uma classificação de solos distinta (diferença de dez anos entre as duas classificações) e em desuso. Optou-se então pela digitalização apenas do mapa de Almeida (1972), por recobrir maior parte da área. Uma vez gerado o mapa pedológico no meio digital, era necessário atualizá-lo para a Classificação Brasileira de Solos da Embrapa (1999). A segunda etapa do procedimento foi, então, elaborar e executar um programa em álgebra de mapas para adequá-lo à nova legenda.

Os comandos que foram executados no LEGAL estão demonstrados a seguir.

```

{
Tematico solo1 ("Pedologia");
Tematico solo2 ("Pedologia_Embrapa_99");
Tabela reclass (Reclassificacao);
solo1 = Recuperar (Nome="solos_IBC");
solo2 = Novo (Nome= "solo_classif_embrapa", ResX=25, ResY=25,
Escala = 50000);
reclass = Novo (CategoriaIni = "Pedologia", CategoriaFim =
"Pedologia_Embrapa_99",
"BLd4" : "Nxd - Nitossolo",
"BLE2" : "Nxd - Nitossolo",
"BLE3" : "Nxe - Nitossolo",
"Cd1" : "CXbd - Cambissolo",
"Cd2" : "CXbd - Cambissolo",
"Cd3" : "CXbd - Cambissolo",
"Cd4" : "CXbd - Cambissolo",
"Cd5" : "CXbd - Cambissolo",
"Cd8" : "CXbd - Cambissolo",
"Cd9" : "CXbd - Cambissolo",
"Cd11" : "CXbd - Cambissolo",
"Cd12" : "CXbd - Cambissolo",
"Cd13" : "CXbd - Cambissolo",
"Cd14" : "CXbd - Cambissolo",
"Cd16" : "CXbd - Cambissolo",
"Ce2" : "CXbe - Cambissolo",
"Ce5" : "CXbe - Cambissolo",
"Ce6" : "CXbe - Cambissolo",
"Hi" : "GXbd - Gleissolo",
"LEd1" : "LVd - Latossolo",
"LEd3" : "LVd - Latossolo",
"LEd4" : "LVd - Latossolo",
"LEe" : "LVe - latossolo",
"LVd2" : "LVAd - latossolo",
"PE1" : "PVAe - argissolo",
"PV2" : "PVAd - argissolo",
"PV3" : "PVAd - argissolo",
"Rd1" : "RLd - neossolo",
"Rd2" : "RLd - neossolo",
"Rd3" : "RLd - neossolo",
"Rd4" : "RLd - neossolo",
"Lago" : "Lago",
"Sem informação" : "Sem informação") ;
solo2 = Reclassifique (solo1, reclass) ;
}

```

Uma vez com a classificação nova, deu-se início à terceira etapa, ou seja, aos ajustes das linhas dos polígonos nos moldes da metodologia do ZEE/INPE. A quarta e última etapa foi complementar, digitalizando diretamente na tela, o trecho da área de estudo que estava faltando, tendo como apoio o mapa de Camargo et al. (1962), as curvas de nível e a imagem TM Landsat 5.

### 5.5.8 Mapa de Vegetação e Uso da Terra

Como já mencionado no tópico de vegetação, a área de estudo se encontra numa área que apresenta Domínio de Cerrado com encraves de Floresta Estacional Semidecidual, sendo considerada área de tensão ecológica (IBGE, 1992). A cartografia da “tensão ecológica” não é só uma questão de escala, mas também do poder de discriminação e interpretação dos elementos na imagem Landsat. Há casos em que o contato entre tipos de vegetação com estruturas fisionômicas semelhantes fica muitas vezes imperceptível, e o delineamento das classes de vegetação por simples fotointerpretação torna-se quase impossível. Considerando o tamanho da área de estudo (medindo aproximadamente mil quilômetros quadrados) tornou-se inviável uma cartografia de detalhe<sup>20</sup> que discriminasse todas as fitofisionomias do cerrado presentes na área que foram descritas na revisão de literatura, bem como as regiões de encraves entre mata galeria e cerradão. Em função desta situação, a alternativa para a cartografia da vegetação foi a generalização das fitofisionomias em relação ao trabalho de campo, que por sua vez já era uma forma mais generalizada de levantamento quando comparado com a distribuição de fitofisionomias do Domínio de Cerrado descritas na literatura.

Para facilitar o entendimento dos critérios de mapeamento adotados, a Tabela 5.1 apresenta a generalização considerada para a cobertura vegetal a partir do que foi levantado na literatura e as respectivas correspondências no levantamento de campo e no mapeamento com os produtos de sensoriamento remoto, em função da escala de trabalho.

TABELA 5.1 – Generalização e correspondências entre as unidades de vegetação levantadas na literatura, no campo e no mapeamento com auxílio de sensoriamento remoto

Unidades do Domínio do Cerrado, de acordo com a Literatura	Unidades de levantamento de campo	Unidades de mapeamento com auxílio de sensoriamento remoto
Campo rupestre	Campo rupestre	Campo de altitude
Campo limpo	-	
Campo sujo	Campo cerrado	Cerrado lato sensu
Campo cerrado		

<sup>20</sup> O detalhamento não era propósito do trabalho, que tem como meta a ordenação de um projeto para o desenvolvimento do ecoturismo na região de estudo.

Unidades do Domínio do Cerrado, de acordo com a Literatura	Unidades de levantamento de campo	Unidades de mapeamento com auxílio de sensoriamento remoto
Cerrado propriamente dito	Cerrado denso	Vegetação natural
Cerradão		
Mata galeria	Mata ciliar	
Mata mesófila estacional	Mata mesofítica	

No que diz respeito ao uso da terra, também torna-se-ia inviável discriminar com detalhes as inúmeras pequenas formas de cultivos existentes que se encontram entremeadas entre um cerrado antropizado (alterado), bem como separar as áreas de pastagem cultivadas dos diversos tipos de campos nativos descritos na literatura, uma vez que ambas apresentavam respostas espectrais similares na imagem utilizada.

Para melhor discriminar os tipos de uso da terra compreendidos na área de pesquisa, optou-se por individualizá-los em um PI, procurando uma técnica mais adequada de classificação. Depois foi feito um mosaico com todos os PI's para se obter o mapa final de uso da terra e cobertura do solo. A Tabela 5.2 apresenta os critérios para a discriminação de cada classe de uso da terra, realizada com as técnicas de sensoriamento remoto na pesquisa, em função da resposta espectral e da escala de trabalho.

TABELA 5.2 – Técnicas de processamento digital adotadas para a discriminação das classes de uso da terra/cober-tura vegetal encontradas na área de pesquisa.

CLASSE DE USO	TÉCNICA ADOTADA
Agricultura	Interpretação visual com digitalização e edição matricial
Áreas antropizadas/cultivo intensivo	Interpretação visual com digitalização e edição matricial
Áreas antropizadas/pastagens extensivas	Interpretação visual com digitalização e edição matricial
Campo de Altitude	Edição matricial <sup>21</sup> .
Cerrado <i>lato sensu</i>	Classificador MAXVER
Dique/Barragens/Pontes	Interpretação visual com digitalização e edição matricial
Mancha Urbana	Interpretação visual com digitalização e edição matricial
Pedreira	Classificador ISOSEG
Reflorestamento	Interpretação visual com digitalização e edição matricial
Reservatório	Classificador ISOSEG e alguma interpretação visual
Vegetação Natural	Classificador MAXVER
Várzeas	Edição matricial <sup>22</sup> .

<sup>21</sup> Pela integração da paisagem, aos moldes da Metodologia do ZEE/INPE foi copiada a classe “PCc1 – quartzito Canastra” do PI de geologia, uma vez que toda região de ocorrência de campo rupestre está associada a este tipo de litologia.

Como pode ser visto na Tabela 5.2, cada classe de uso foi definida com um tipo de processamento e em um PI diferente. Em algumas classes, antes de ser feita a classificação foi feita uma segmentação. Segue um comentário a respeito da segmentação.

#### 5.5.8.1 Segmentação

O tipo de segmentação utilizado nesta pesquisa foi a por **crescimento de regiões**. Para se ter uma referência dos melhores limiares de **similaridade** e **área** de pixel no procedimento de segmentação da imagem foi necessário recortar uma pequena parte da área de estudo e neste recorte fazer vários testes de segmentação a fim de encontrar os limiares que melhor discriminassem as classes de uso. A opção de um pequeno recorte visou diminuir o tempo de processamento além de avaliar se os resultados das segmentações eram adequadas. Foi criado, à parte, um Projeto no Banco de Dados FURNAS denominado “teste”, com um pequeno recorte da área que continha todos os elementos que precisavam ser diferenciados. Depois de vários testes, os melhores valores encontrados foram **15** para similaridade e **40** para área de pixel.

#### 5.5.8.2 Classificação Híbrida

Algumas classes de uso foram feitas a partir da classificação supervisionada e não supervisionada, caracterizando uma classificação híbrida. Para a utilização do classificador não-supervisionado ISOSEG foram usadas como elementos do arquivo de contexto do SPRING as bandas espectrais 3, 4 e 5 do ETM+ Landsat 7, porque a imagem resultante da fusão IHS-RGB perde em resolução espectral para as bandas originais, como foi visto na Figura **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** Entretanto, algumas classes geraram muita confusão em função da resposta espectral. As lavouras de cultivo de café apresentaram resposta muito semelhante às regiões de ocorrência de cerrado denso, provavelmente em função do padrão de textura do dossel. Para contornar o problema em decorrência desta confusão de tema, após a classificação, foi feita a correção através da interpretação visual, utilizando a edição matricial do SPRING, utilizando-se como “verdade terrestre” as fotografias aéreas e informações de campo.

---

<sup>22</sup> Apenas foi copiada através da edição matricial, a classe “Qha – quaternário recente” do PI de geologia, que por sua vez veio da interpretação da fotografia aérea (estereoscopia) com transposição para a imagem.

### **5.5.9 Mapa das Vias de Acesso**

As vias de acesso foram mapeadas, a partir das imagens orbitais e com o apoio das fotografias aéreas. Foram obtidas as seguintes vias de acesso, em PI's diferentes: a rodovia MG-050, que se constitui na principal via de acesso que liga a região de estudo à capital mineira e à São Paulo; as rodovias secundárias asfaltadas que dão acesso à Barragem de Furnas e à Vila de Furnas; as rodovias secundárias asfaltadas que dão acesso à Capitólio e à Escarpas do Lago e as principais vias de acesso em estrada de terra que levam aos atrativos levantados com GPS de navegação.

O procedimento de digitalização foi feito com a ferramenta de edição vetorial do SPRING, a partir das seguintes imagens: banda pancromática realçada com contraste linear, imagem resultante da fusão IHS-RGB e a banda pancromática com realce de equalização de histograma.

### **5.5.10 Mapas de Atrativos para Ecoturismo**

A elaboração dos mapas com os atrativos para ecoturismo da região foi dividida em duas etapas: a primeira foi definir os ícones (pictogramas) que poderiam representar o que foi levantado em campo e uma segunda etapa que foi definir alguns roteiros e/ou circuitos ecoturísticos.

#### **5.5.10.1 Ícones de Ecoturismo**

Os ícones de ecoturismo utilizados nos mapas desta pesquisa foram selecionados de duas formas. Primeiro, considerou-se dentre os 76 pictogramas oficiais da Embratur (2001) aqueles que melhor se adequassem aos atrativos encontrados no levantamento da área e que pudessem ser utilizados como referência para ecoturismo (Figura 5.8) . Desta forma, selecionaram-se 30 ícones que estariam relacionados aos atrativos e/ou atividades que foram encontrados na área, bem como os que poderiam ser considerados como em potencial (atividades passíveis de serem desenvolvidas na região). Entretanto, algumas atividades do chamado turismo de aventura não são contempladas no sistema de

pictogramas da Embratur. Assim, procurou-se em revistas<sup>23</sup> mais direcionadas ao público desse tipo de atividade outros tipos de ícones já consagrados nestas publicações, a fim de permitir certa familiaridade do usuário (ecoturista) com a comunicação visual dos mapas gerados. Uma vez definidos todos os ícones, estes foram digitalizados, individualmente, no *scanner* e vetorizados (digitalizados manualmente) no CorelDRAW.

Um fato importante a ser ressaltado é que a Embratur disponibilizou em formato digital todos os 76 pictogramas do Sistema Brasileiro de Sinalização Turística, em extensão *dxg*. Estes arquivos foram importados para o diretório de símbolos do Bando de Dados do SPRING e utilizados no trabalho para a visualização dos ícones no PI de pontos de ecoturismo levantados. Para isto, cada ponto deste PI, que foi criado como modelo temático no Banco de Dados, foi classificado de acordo com o ícone em questão. Assim ao se desenhar na tela principal as classes temáticas, cada ponto aparece com o ícone correspondente. Apesar de que, o ideal seria que o módulo de consulta do SPRING pudesse consultar diretamente no modelo de geo-objetos a partir de cada ícone (ou seja, ao clicar no ícone apareceria a tabela de atributos correspondente a este ícone), a visualização de cada ícone, mesmo em modelo temático, facilita ao usuário a consulta quando é sobreposto (a este PI em modelo temático com os ícones) o PI em modelo cadastral, onde cada ponto de ecoturismo levantado é, de fato, um geo-objeto, com atributos, passível de ser consultado pelo módulo de consulta do SPRING<sup>24</sup>.



FIGURA 5.8 – Exemplos de alguns ícones do Sistema Brasileiro de Sinalização Turística, da Embratur (2001) utilizados na pesquisa.

<sup>23</sup> IstoÉ (2003) e Guia Quatro Rodas (2000).

<sup>24</sup> Ainda está em fase de implementação no SPRING a consulta de geo-objetos em outros formatos de arquivos digitais (extensões) tais como *dxg*, *bmp* e *gif*.

### 5.5.10.2 Definição e Mapeamento dos Circuitos

A definição de cada circuito foi feita em função da distribuição de pontos levantados e das vias de acesso, considerando também tempo de percurso e beleza cênica. Inicialmente, foram sobrepostos na imagem resultante da fusão IHS-RGB todos os pontos levantados em campo e os PIs com as vias e trilhas de acesso. A partir da visão geral dos pontos, optou-se pela divisão da área levantada em oito circuitos ou roteiros que abrangem os principais atrativos definidos em campo. O retângulo envolvente que delimitou o mapa de cada circuito foi esboçado e desenhado no AutoCAD a partir da definição dos valores de coordenadas de canto que melhor abrangessem a concentração de pontos do ecoturismo local em questão. Depois esses limites foram exportados no formato dxf e, em seguida, importados para o SPRING.

De posse das coordenadas dos limites dos circuitos, foi gerado no módulo SCARTA do SPRING, para cada circuito, um molde/carta contendo os seguintes planos de informação: imagem resultante da fusão IHS-RGB, drenagem, estradas principais, estradas secundárias, pontos levantados. Uma vez elaborado o molde/carta, foi gerado o arquivo em formato ipl de cada circuito, e no módulo IPLOT do SPRING, o arquivo gerado era exportado no formato pos-script. Uma vez neste formato, o arquivo era importado pelo CorelDRAW e neste aplicativo foram feitas as edições necessárias, a saber: nome de rios, valores de coordenadas, valores de altitudes, tipos de ícones de ecoturismo, textos, legendas, etc, onde cada PI original ficou em uma camada diferenciada (*layer*).

Apesar do SPRING apresentar um módulo que permite a edição de cartas, foi feita a opção pela edição no aplicativo CorelDRAW em função da maior versatilidade de recursos de cores, fontes, preenchimentos, gerenciamento de camadas e tipos de linhas, tais como: cores e tamanhos de fontes para as toponímias, cores e tipos de linhas para os diferentes tipos de roteiros, tipos e cores de fontes diferentes para as coordenadas, etc. Estes recursos de comunicação cartográfica são importantes para chamar a atenção de um usuário que vai consultar mapas de ecoturismo.

## 5.6 Mapas em Modelo Cadastral

Nesta pesquisa, os PI's em modelo cadastral foram gerados de duas maneiras: uma em que o próprio Sistema gera um PI de saída em modelo cadastral, a partir de modelos temáticos de entrada; e uma outra forma, em que são fornecidos, para o Sistema, os geo-objetos e se utiliza artifícios computacionais para rotular os geo-objetos e associar os atributos (em formas de tabelas) que são colocados no Sistema.

Na obtenção do **mapa de unidades de paisagem** foi utilizado o primeiro caso. Na obtenção do **mapa por atrativos**, onde cada informação é pontual, foi utilizado o segundo caso. Segue a descrição da metodologia para cada situação.

### 5.6.1 Mapa das Unidades de Paisagem

O mapa de unidades de paisagem foi gerado a partir dos PI's em modelo temático (em formato vetorial) que foram fornecidos como dados de entrada. Os PI's de entrada foram: o mapa de geologia, o mapa de geomorfologia, o mapa de solos e o mapa de cobertura vegetal/uso da terra. O procedimento operacional é bastante simples: basta fornecer na interface de ferramentas do Sistema quem são os PI's de entrada, o nome do PI de saída e o nome do geo-objeto que será automaticamente gerado. Uma vez fornecidos estes dados, foi executada uma operação de intersecção dos PI's de entrada. O produto gerado pelo SPRING é um mapa de geo-objetos, passível de consulta, onde os atributos dos objetos são as descrições das classes dos mapas temáticos fornecidos.

Como foi mencionado anteriormente, o procedimento operacional é simples, entretanto, o produto gerado terá coerência se os dados temáticos de entradas forem confeccionados com um perfeito ajuste de linhas, à exemplo da integração de unidades de paisagem preconizado na metodologia do ZEE/INPE. Caso contrário, serão também gerados como geo-objetos, aquilo que é conhecido no jargão de geoprocessamento como “polígonos espúrios”. Convém ressaltar que, em alguns casos, mesmo com todo os cuidados operacionais, ainda podem ser gerados estes polígonos espúrios, à revelia do operador, em função da própria forma como é feita a arquitetura da grade matricial do PI, pelo Sistema.

Para efeito de testar a Metodologia, foi escolhido apenas um circuito da área de estudo e sobre o qual foi gerado o Mapa de unidades de paisagem, após a correção dos polígonos espúrios. Foi selecionado o Circuito 2, em função do seu tamanho, e foi criado um Projeto à parte no Banco de Dados, como teste. Ressalta-se que este procedimento poderia ser feito para todos os circuitos da área ou até mesmo para a área como um todo, sem a necessidade de criação de um Projeto à parte e sem prejuízo para a pesquisa. Apenas optou-se por aquela forma de proceder, em função do tempo de processamento e, também, porque o que está sob enfoque, é o procedimento metodológico em si e não o número de vezes em que é possível repetir o processo.

### 5.6.2 Mapa de Pontos de Interesse para Ecoturismo (modelo cadastral)

O mapa de pontos de interesse para ecoturismo, em modelo cadastral, foi gerado a partir dos pontos levantados em campo. Inicialmente, foi criado no Sistema um PI em modelo cadastral. Neste novo PI foram copiados todos os pontos levantados que já estavam no PI temático denominado “pontos”. O passo seguinte foi importar a tabela com os atributos de cada ponto. Este procedimento foi efetuado através de uma planilha Excel, onde foi estruturada uma tabela na qual cada campo (coluna) é um atributo que se deseja informar a respeito do geo-objeto em questão. No caso da pesquisa, cada geo-objeto era um ponto levantado em campo, com suas respectivas coordenadas UTM. A Figura 5.9 demonstra como esse procedimento foi executado.

	A	C	D	E	F	G
1				BANCO DE DADOS DO LEVANTAMENTO DA VEGETAÇÃO		
2		X	Y	ATRATIVO	Descrição do Local	FOTOS (arquivos)
3	1	361042	7715087	PARAÍSO PERDIDO	Entrada da trilha saindo do asfalto	vista_entrada_PPerd1.jpg
4	2	361103	7715144		Transição (ecótono) campo rupestre e cerrado típico (pela presença de espécies típicas)	trilha_PPerd1.jpg
5	3	361204	7715837		Cultivo de cana abandonado com presença de capim gordura, braquiária e plantas invasoras (ruderais). Presença abundante de uma gramínea de inflorescência rosada	PPerd_inf_rosada10.jpg ; trilha_PPerd_2.jpg
6	4	361768	7717297		Savana parque	trilha_PPerd_3.jpg
7	5	361814	7717320		Presença de árvores (foto)	trilha_PPerd6

FIGURA 5.9 – Pequeno trecho de uma planilha exemplificando como são organizados os campos com os atributos de cada ponto levantado em campo.

Uma vez definidos os atributos, o passo seguinte é exportar para o SPRING as tabelas geradas no Excel. Foi utilizado como gerenciador do Banco de Dados o aplicativo Access,

sendo necessário que as planilhas fossem salvas em extensão “mdb” antes de serem exportadas para o SPRING. Após essa etapa, foi feita a ligação de tabelas, onde o Sistema passa a reconhecer, através do identificador indicado, os geo-objetos e seus respectivos atributos, que no caso da pesquisa eram os pontos levantados e a descrição feita no levantamento de campo, com as respectivas fotos.

## 5.7 Finalização do Banco de Dados

Desde o momento em que foi definido até o final do trabalho, o Banco de Dados ficou estruturado da forma que está representada na Tabela 5.3.

TABELA 5.3 – Principais elementos do Banco de Dados FURNAS

MODELOS	CATEGORIAS	PRINCIPAIS PLANOS DE INFORMAÇÃO	COMENTÁRIOS ADICIONAIS
PROJETO TESE FURNAS	Temático	hipso_100	Mapa hipsométrico com curvas de nível de 100 em 100 m
	Cartas Temáticas	solos_furnas_1961_sint	Mapa de solos de Camargo et al. (1962)
		solos_Radam_sint	Mapa de solos do RADAM
	Declividade_temático	declividade	Mapa de declividade modelo temático
	DRENAGEM_mosaico_novo	Hidrografia_PAN	Hidrografia apenas c/ registro da PAN
		Hidrografia_fusão_PAN	Hidrografia com linhas ajustadas na imagem da PAN RGB_RQ-EQ-QQ
		limites	Limites de municípios
	ESTRADAS	estradas_estaduais_PAN	Estradas asfaltadas extraídas da PAN
		rodovia_MG-050_PAN	Rodovia MG_050 extraída da PAN
		Estradas_secundárias_PAN	Estradas secundárias extraídas da PAN
	Ecoturismo	limites_circuitos	Limites dos circuitos
		pto_controle	Ponto de controle (registro da PAN)
		pontos	Principais pontos levantados em campo
	Geologia	ajuste_geologia_PAN	Mapa de geologia
		estrut_geologia_Paulao	Linhas das estruturas geológicas
	Geomorfologia	geomorfologia_Ross	Mapa de geomorfologia
	Pedologia	solos_IBC	Mapa de Almeida (1972)
	Pedologia_Embrapa_99	ajuste_solos_embrapa99	Mapa de solos
		solo_classif_embrapa	Mapa reclassificado no LEGAL
	Uso da terra	agric-maxver-T	Áreas de cultivos agrícolas
		area_antrop	Áreas antropizadas/cultivo intensivo
		area_antrop_past	Áreas antropizadas/pastag. extensivas
		campo_altitude_95-0-T	Campos de altitudes/campos limpos
		mancha_urbana	Cidades e vilarejos
		obras_engenharia	Pontes/ barragens/ UHE
		reflorest-T	Reflorestamentos
		reservatório_matriz	Lago de Furnas
rgb453_cerrado-T		Áreas de cerrado (lato sensu)	
rgb453_mata		Mata mesófila/ciliar/Cerradão	
várzeas		Várzeas	
todos_os_temas		Mapa de uso da terra/vegetação	

MODELOS	CATEGORIAS	PRINCIPAIS PLANOS DE INFORMAÇÃO	COMENTÁRIOS ADICIONAIS
Imagem	Imagem_07-08-2001	sint_PAN_RGB_RQ-EQ-QQ	Imagem PAN com 3 realces diferentes
		sint_fusao_pan-ih	Imagem resultante da fusão IHS-RGB
		sint_rgb543	Imagem sintética RGB-543 (07-08-01)
	Imagem_16-07-90	Sint_RGB_16-07-90	Imagem sintética RGB-543 (16-07-90)
	TOPOGRAFICA	mosaico	Mosaico das cartas topográficas
Numérico	Declividade	grade_decliv	Grade de declividade
	MNT	grade_ret	Grade retangular das amostras
Cadastral	Ecoturismo_CAD	pontos_geral	Mapa com todos os pontos levantados
	Vegetação_CAD	veg_total	Mapas com os pontos da vegetação



## CAPÍTULO 6

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na discussão dos resultados encontrados foram abordados três aspectos, de acordo com os objetivos específicos da pesquisa. O primeiro aspecto diz respeito ao levantamento de informações para a elaboração de uma Base de Dados dos aspectos físicos, aspectos sócio-econômicos e culturais da área de estudo. O segundo aspecto será sob o enfoque da definição das unidades de paisagem da área de estudo a partir da integração dos elementos temáticos de geologia, geomorfologia, solos e uso da terra/cobertura vegetal, conforme adaptação da metodologia de zoneamento desenvolvida na pesquisa, utilizando os recursos de geoprocessamento e sensoriamento remoto. O terceiro aspecto será em função da documentação cartográfica da área, em múltiplas escalas, para suporte a atividades de planejamento em ecoturismo e o gerenciamento destas informações levantadas para a Base de Dados. Nesse caso, a documentação cartográfica mais detalhada foi feita por circuitos, a qual se encontra em anexo.

#### 6.1 Levantamento dos Pontos com Potencial para Ecoturismo

Os principais pontos levantados durante o trabalho de campo que apresentam potencialidade para um turismo alternativo, podem ser sintetizados em:

- Vinte e uma cachoeiras, dois alambiques, três postos de gasolina, dois postos de venda de doces, dois clubes recreativos, três equipamentos turísticos<sup>25</sup>, dois hotéis em construção, três hotéis, duas pousadas, cinco mirantes, uma loja de artesanato, quatro restaurantes e uma praia municipal.

Convém destacar também a existência de dois postos de saúde na região rural do Município de Capitólio.

---

<sup>25</sup> Segundo Beni (1998), **equipamentos** e serviços turísticos representam o conjunto de edificações, de instalações e serviços indispensáveis ao desenvolvimento da atividade turística.

A Tabela 6.1 mostra a relação dos principais pontos levantados na pesquisa com potencial para um turismo alternativo, de acordo com o nome do local, coordenadas planas e município.

TABELA 6.1 – Relação de pontos levantados com potencial para ecoturismo, coordenadas planas (metro) e município.

Localidade	Coord. X (m)	Coord. Y (m)	Município
1.Alambique da Rodriguinha	389334	7721027	Capitólio
2.Alambique da Sossegada	390411	7719336	Capitólio
3.Barragem de Furnas	362847	7714442	S. José Barra
4.Barreiro	387878	7719331	Capitólio
5.Cachoeira Água Limpa I	384363	7723499	Capitólio
6.Cachoeira Água Limpa II (Tuíco)	387287	7723383	Capitólio
7.Cachoeira da Cascata	366754	7716016	Capitólio/S.J.B. Glória
8.Cachoeira da Mata Velha I	383572	7717152	Capitólio
9. Cachoeira da Mata Velha II	383707	7713564	Capitólio
10. Cachoeira de Macaúbas	383258	7726394	Capitólio
11. Cachoeira do Ambrósio I	391901	7716768	Capitólio
12. Cachoeira do Ambrósio II	392164	7717635	Capitólio
13. Cachoeira do Chapadão	389401	7713953	Capitólio
14. Cachoeira do Diquadilha	368449	7717052	Capitólio
15. Cachoeira do Diquinho	389914	7717169	Capitólio
16. Cachoeira do Funil	390304	7712769	Capitólio
17. Cachoeira do Grotão	381635	7722212	Capitólio
18. Cachoeira do Issara (Sabiá)	379954	7714193	Capitólio
19. Cachoeira do Lobo	403970	7719339	Guapé
20. Cachoeira do Suta	387141	7713839	Capitólio
21. Cachoeira do Zé Aurora	380850	7717200	Capitólio
22. Cachoeira Fecho da Serra	371951	7721596	Capitólio
23. Cachoeira Filó	362250	7716332	S. J. B. Glória
24. Cachoeira Lagoa Azul	368910 / 369152	7716213 / 7716440	Capitólio
25. Cânions	368150	7716557	Capitólio
26. Casa com Moinho D' Água	381476	7721343	Capitólio
27. Chalé Queijo	390106	7723930	Capitólio
28. Clube Escarpas do Lago	395154	7716590	Capitólio
29. Clube Escarpas do Lago (parte de cima)	395018	7716525	Capitólio
33. Hotel Brisa do Lago	375991	7712610	Capitólio
34. Hotel Capitólio	390610	7720113	Capitólio
35. Hotel Cirillos			
36. Hotel Fazenda Engenho de Serra	388166	7717940	Capitólio
37. Hotel Minastur	-	-	Capitólio

Localidade	Coord. X (m)	Coord. Y (m)	Município
38. Loja de Artesanato (Escarpas)	394727	7716866	Capitólio
39. Mirante da Faz. Engenho de Serra	388605	7718277	Capitólio
40. Mirante da Mata Velha	384884	7715807	Capitólio
41. Mirante das Escarpas	393209	7716189	Capitólio
42. Morro da Torre	390647	7720741	Capitólio
43. Morro do Chapéu	392413	7715287	Capitólio
44. Paraíso Perdido	361942	7718616	S.J.B.Glória
45. Paraíso Proibido (2ª cachoeira)	361030	7720703	S.J.B.Glória
46. Posto Beira-Rio	389861	7723360	Capitólio
47. Posto Mirante do Lago	388967	7722382	Capitólio
48. Posto JK	358114	7710634	Alpinópolis
49. Pousada do Rio Turvo	372303	7716333	Capitólio
50. Praia Municipal	389803	7719933	Capitólio
51. Quebra-Anzol (Clube recreativo)	362126	7715360	S. J. B. Glória
52. Queijo Califórnia	386824	7717758	Capitólio
53. Restaurante Bica D'Água	382349 / 382381	7717458 / 7717486	Capitólio
54. Restaurante do Turvo	373411	7715676	Capitólio
55. Restaurante Fazendinha	389900	7721810	Capitólio
56. Restaurante Tororão	395919	7718117	Capitólio
57. Serra da Grota Feia	385655	7718483	Capitólio
58. Sítio Primavera	377923	7722174	Capitólio
59. Trilha do Sol	373876	7716227	Capitólio

## 6.2 A Definição das Unidades de Paisagem com valor para Ecoturismo

O produto de síntese elaborado e mapeado com os recursos de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas, nesta pesquisa, é a **unidade territorial básica**, definida neste trabalho como **unidade de paisagem**. As unidades de paisagem não provêm da interpretação, à semelhança das unidades territoriais básicas do ZEE, mas do cruzamento de planos de informações através de um SIG. Entretanto, cada plano de informação temático que foi integrado para a definição da unidade de paisagem foi elaborado com os mesmos critérios de interpretação que foi descrito para as unidades territoriais. Uma vez gerada pelo Sistema, cada unidade de paisagem passa a ser, no meio computacional, um geo-objeto, ou seja, um objeto individualizado com atributos descritivos de cada plano de informação temático de entrada e de outras fontes de informação (por exemplo, informações sócio-culturais).

A unidade de paisagem é a célula de planejamento e gestão que obedece a uma sistemática operacional compatível com a abordagem sistêmica, sendo passível de consulta e análise através de um SIG. O tratamento de cada informação temática segue uma ordem taxonômica que hierarquiza os sistemas ambientais naturais das dimensões maiores e mais genéricas até dimensões menores representadas em escalas de 1:50.000.

Martinelli (2001) chama a atenção que a paisagem, vista como totalidade social contida no arranjo espacial dos componentes temáticos (geologia, relevo, clima, rede de drenagem, vida animal e vegetal, uso do solo, etc.), tem somente representação mediante uma cartografia de síntese. O autor afirma que: “na lucubração de síntese, o mapa representará unidades espaciais que significam agrupamentos de lugares caracterizados por agrupamentos de atributos”. Para este autor, uma cartografia turística deve ser concebida juntamente com uma cartografia ambiental. As unidades espaciais as quais se constituem nas unidades de paisagem, quando direcionadas para o ecoturismo, poderão ser vistas como unidades de paisagem dotadas de potencial turístico.

Para a análise dos resultados da metodologia de zoneamento empregada, será tomado como exemplo o Circuito 2, cujos principais atrativos presentes são: Cachoeiras da Cascata, Diquadinha, Cânions e Lagoa Azul (Figura 6.1). Para cada circuito, o Sistema utilizado (SPRING) gera uma tabela de atributos para cada unidade de paisagem (Figura 6.2).

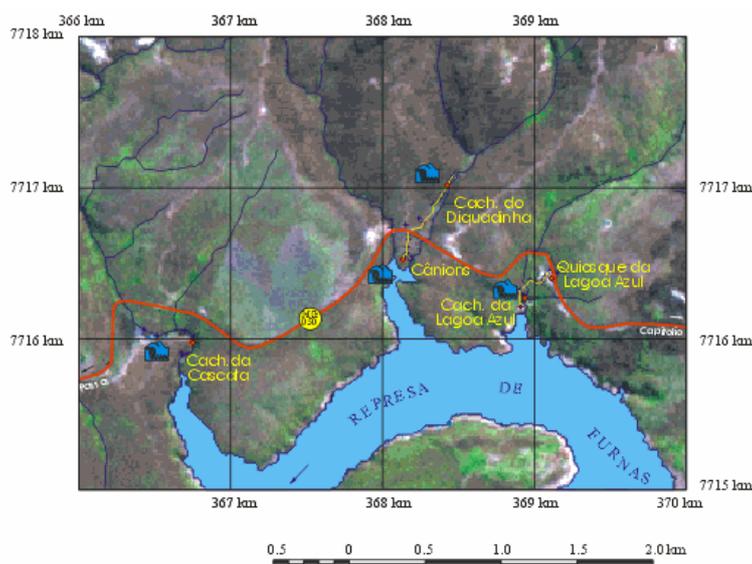
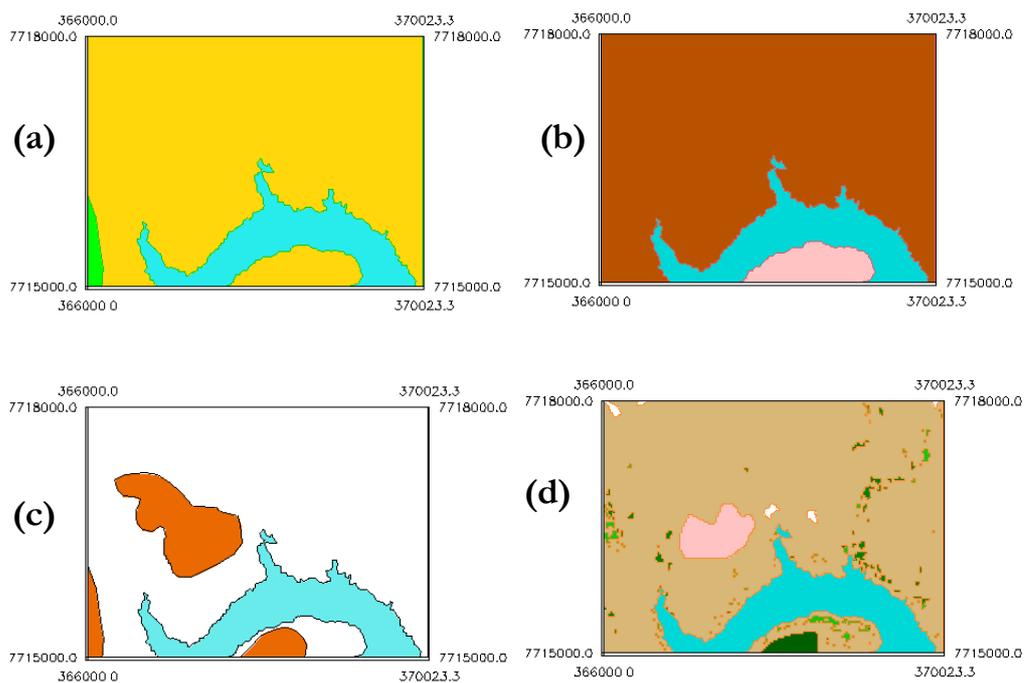


FIGURA 6.1 - Mapa do **Circuito 2** mostrando os atrativos presentes na área.



Mapa cadastral gerado a partir dos mapas temáticos.



AREA	PERIMETRO	ILGEOLOG	ILGEOMOR	ILUSO	ILSOLOS	
121	394316.4063	3036.6136	pEc1	classe2a	agricultura	LVd - Latossolo
122	4316.4063	272.1450	pEc3	classe2a	vegetação natural	LVd - Latossolo
123	627.6045	100.2092	pEc1	classe2a	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
124	624.9990	100.0000	pEc1	classe1	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
125	625.0000	100.0000	pEc1	classe1	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
126	625.0000	100.0000	pEc1	classe1	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
127	625.0000	100.0000	pEc1	classe1	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
128	625.0000	100.0000	pEc1	classe1	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
129	6816.4141	400.1780	pEc1	classe1	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
130	625.0000	100.0000	pEc1	classe2a	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
131	625.0010	100.0000	pEc1	classe2a	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
132	4336.8711	382.0070	pEc1	classe1	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
133	625.0000	100.0000	pEc1	classe1	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
134	624.9990	100.0000	pEc1	classe1	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
135	625.0000	100.0000	pEc1	classe1	vegetação natural	RLd - neossolo
136	1816.4063	189.0165	pEc1	classe2a	vegetação natural	RLd - neossolo
137	2441.4043	189.0165	pEc1	classe2a	vegetação natural	RLd - neossolo
138	630.2090	100.4167	pEc1	classe1	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
139	2441.4063	189.0165	pEc1	classe2a	vegetação natural	RLd - neossolo

FIGURA 6.2 – Mapa cadastral gerado a partir do cruzamento de dados temáticos de geologia (a), geomorfologia (b), solos (c) e uso/cobertura do solo (d). A tabela gerada apresenta os atributos do polígono (unidade de paisagem) selecionado em verde.

Como é possível gerenciar as informações dos atributos das unidades de paisagem, ou ordená-las, no sentido de obter regiões com potencial para ecoturismo? Não é objetivo desta pesquisa esgotar aqui as inúmeras formas de análise obtidas através de um SIG. Todavia, para ilustrar que o mapeamento de unidades ambientais é uma poderosa

ferramenta que organiza espacialmente as informações levantadas sobre a paisagem, serão apresentados alguns exemplos de gerenciamento ou consulta, através do SPRING.

Como foi visto no Capítulo 3 - **Descrição da Área de Estudo**, é possível relacionar algumas características da paisagem que evidenciam potencialidade para ecoturismo, tais como: regiões com cachoeiras estão relacionadas à litologia de quartzito, regiões mais planas ou com solos mais profundos, ao turismo rural. Regiões próximas às vias de acesso apresentam um cerrado mais alterado pela presença antrópica, ou ainda, às regiões elevadas, associam-se campos rupestres, cuja biodiversidade é riquíssima, fornecendo elementos para a ordenação de unidades de conservação. Regiões de escarpas, se não apresentarem alterações antrópicas consideráveis, geralmente apresentam singular beleza cênica. Todos esses elementos mencionados são possíveis de serem consultados em um Banco de Dados do meio físico, tal qual foi gerado na pesquisa.

Retornando ao modelo empregado como exemplo, o mapeamento das unidades de paisagem do Circuito 2, o usuário/órgão gestor do Banco de Dados Geográfico gerado na pesquisa pode fazer o seguinte tipo de consulta: considerando que as cachoeiras estão mais comumente presentes em solos do tipo neossolo litólico e que a região de cerrado apresenta uma biodiversidade relevante para uma trilha interpretativa de ecoturismo, então, *“quais são as unidades de paisagem que apresentam neossolo litólico e cerrado ao mesmo tempo?”*. Para elucidar essa questão, é preciso digitar no módulo consulta do SPRING “neossolo AND cerrado” e mandar executar a expressão lógica criada, o resultado aparecerá em forma de tabela, que pode ser manipulada de várias formas. Selecionando os campos da tabela, as respectivas unidades de paisagem (polígonos) aparecem em destaque (no caso em questão, na cor verde) no mapa e é possível quantificar a área, ou gerar um PI exclusivo apenas com os elementos que aparecem (Figura 6.3). O Sistema também permite, através de operadores zonais, fazer vários tipos de consulta ou análise, cruzando planos de informações. Como foi dito, não é objetivo desta pesquisa mostrar todas as formas de consultas possíveis, uma vez que isso dependerá da necessidade de análise do órgão gestor. O Sistema também permite que novas informações quantitativas ou qualitativas (atributos) sejam acrescentadas aos campos de cada unidade de paisagem, como por exemplo, valores hierárquicos de atratividade para o turismo (Beni, 1998), associados a cada unidade de

paisagem. Pela versatilidade do Sistema, cada unidade de paisagem torna-se uma célula de planejamento para a gestão ambiental.

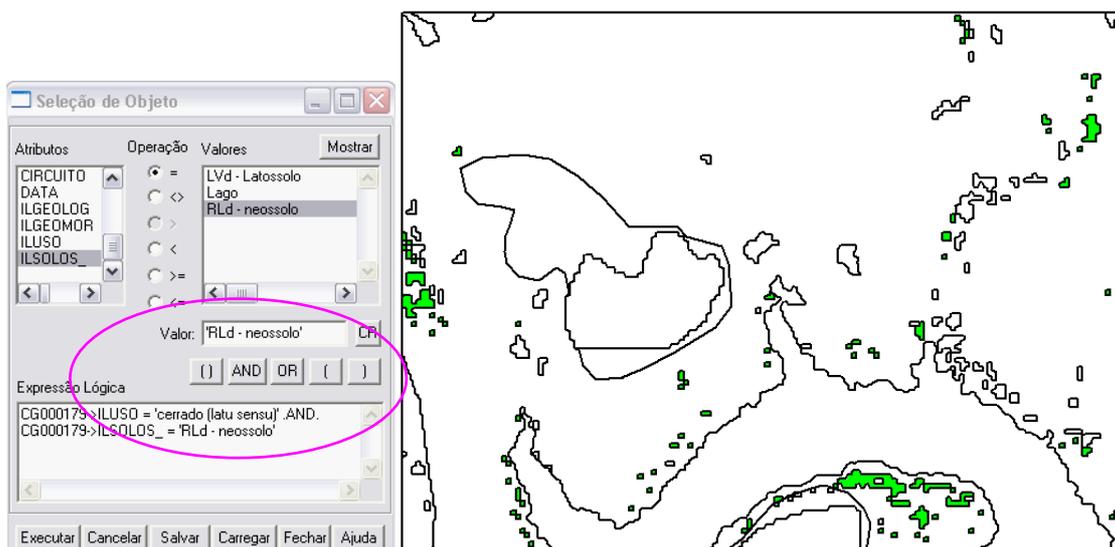


Tabela: ecotur\_obj

	ROTULO	AREA	PERIMETRO	ILGEOLOG	ILGEMOR	ILUSO	ILSOLOS_
4	001068000015	606.9990	96.6606	pEc1	classe1	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
5	001068000018	1068.0117	146.3481	pEc1	classe2a	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
6	001068000021	632.8115	100.6328	pEc1	classe2a	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
7	001068000022	617.1875	99.3828	pEc1	classe2a	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
8	001068000023	1265.6250	150.6289	pEc1	classe2a	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
9	001068000024	617.1885	99.3828	pEc1	classe2a	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
10	001068000029	625.0000	100.0000	pEc1	classe2a	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
11	001068000030	617.1875	99.3828	pEc1	classe1	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
12	001068000032	3691.4102	279.4674	pEc1	classe2a	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
13	001068000034	1900.3906	601.6153	pEc1	classe1	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
14	001068000035	2441.4063	239.0165	pEc1	classe1	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
15	001068000036	625.0000	100.0000	pEc1	classe2a	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
16	001068000037	24375.0000	1031.1072	pEc1	classe1	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
17	001068000038	1443.1045	235.6268	pEc1	classe2a	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
18	001068000040	624.9980	100.0000	pEc1	classe2a	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo
19	001068000041	688.2998	105.0640	pEc1	classe2a	cerrado (latu sensu)	RLd - neossolo

FIGURA 6.3 – Exemplo de uma consulta no SPRING, onde foi pesquisado onde estão as unidades de paisagem que apresentam cerrado e neossolo ao mesmo tempo (destaque para a expressão da consulta na elipse do canto superior esquerdo). Na tabela, gerada como resultado da consulta, é possível identificar e quantificar o tamanho de cada unidade de paisagem que atendam à solicitação pesquisada.

A delimitação de unidades ambientais ou unidades de paisagem como resultado da integração de diferentes fatores ou elementos do meio físico revela-se extremamente útil no processo de planejamento, na medida em que busca expressar a complexidade existente na paisagem, e garante um nível de detalhamento equilibrado entre as variáveis físicas adotadas. Através das técnicas de computação e Sistemas de Informações Geográficas grandes volumes de informações do meio físico podem ser manipuladas e integradas, possibilitando estabelecer estratégias para facilitar a tomada de decisões. Ressalta-se, entretanto, que tais Sistemas não substituem os conhecimentos adquiridos em campo sobre a área de pesquisa, e nem tampouco os conhecimentos do pesquisador, que podem ser exigidos, por exemplo, nos ajustes das feições mapeadas para a integração dos dados do meio físico.

### **6.3 Documentação Cartográfica por Circuito**

Martinelli e Ribeiro (1997) concebem a cartografia do turismo levando em conta a articulação dos diferentes níveis de abordagem do fenômeno turístico, em conformidade com os conteúdos da análise de uma realidade que se articula em várias escalas. É uma cartografia que pode e deve articular várias escalas, com o fim de mostrar que há um embutimento contínuo dos espaços, os quais podem ser apreciados com maior ou menor detalhe, em função das necessidades do usuário.

A fim de conceber uma cartografia para o **ecoturismo** que articule a realidade do que foi levantado na pesquisa, em várias escalas, a documentação cartográfica produzida neste trabalho pode ser sintetizada em: blocos-diagramas, fotos, textos e mapas.

Como foi descrito no Capítulo 5 – Procedimentos metodológicos, a área de estudo foi subdividida em oito circuitos em função dos pontos com potencial para ecoturismo levantados em campo e das vias de acesso. Para facilitar a visualização da beleza cênica, foram gerados blocos-diagramas de cada circuito através dos recursos de sensoriamento remoto e geoprocessamento, utilizando-se de ângulos azimutal e de elevação diferenciados. A Figura 6.4 traz uma visão, em 3-D, dos oito circuitos definidos na pesquisa, mostrando a área de estudo ao centro.

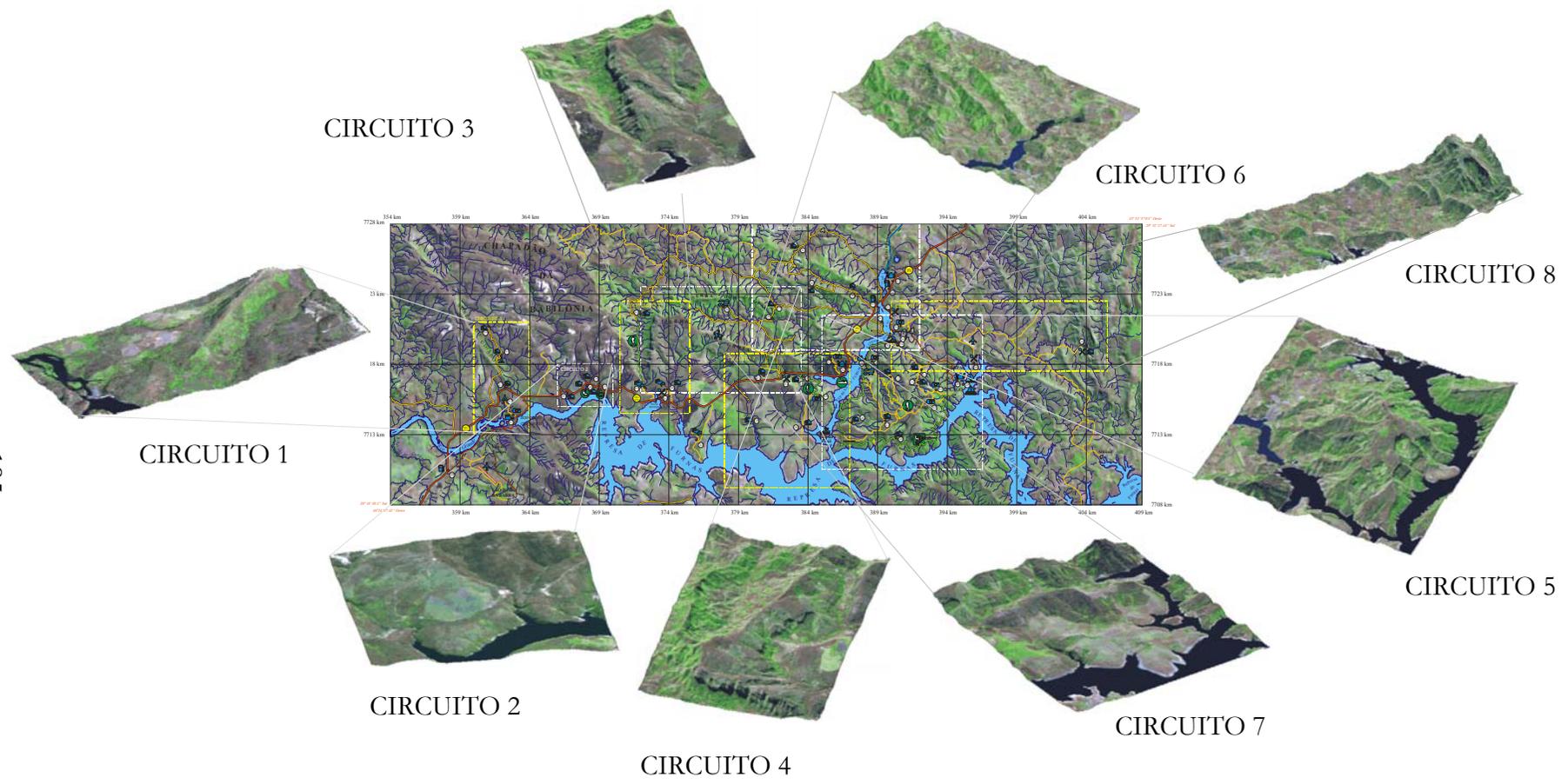


FIGURA 6.4 –A área de estudo e os oito circuitos, em 3-D, definidos na pesquisa.



Martinelli e Ribeiro (1997) afirmam que é desejável que o mapa de turismo reúna três formas de comunicação: o mapa, o texto e a foto. Estes autores também ressaltam o uso de blocos-diagramas, associados a fotos ou não, na orientação do turista no entendimento do conteúdo e valor da realidade que visita, em bases científicas. “O ecoturismo pode se valer amplamente destas formas de comunicação visual para o esclarecimento e conscientização do grande público, participando assim da educação ambiental” (Martinelli e Ribeiro, 1997, p. 197).

A seguir é mostrada a localização de alguns atrativos levantados em campo em cada circuito. Os circuitos estão representados em forma de bloco-diagramas gerados através de um Modelo Numérico de Terreno com os dados de altimetria.

### 6.3.1 CIRCUITO 1: Paraíso Perdido e Paraíso Proibido

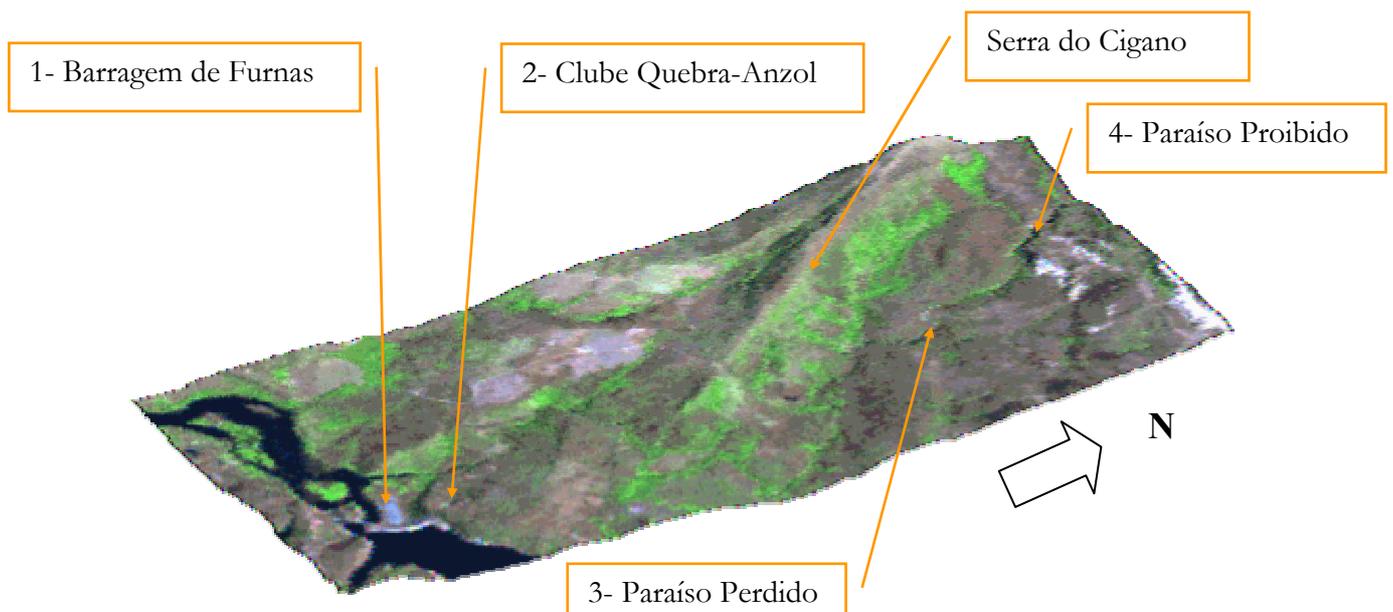


FIGURA 6.5 - Bloco-diagrama do Circuito 1, com ângulo de azimute 285°, elevação 30°

PRINCIPAIS ATRATIVOS DO CIRCUITO 1



1- Barragem de Furnas



2 - Clube Recreativo Quebra-Anzol:  
restaurante e *camping*.



3 -Paráíso Perdido



4 -Paráíso Proibido

### 6.3.2 CIRCUITO 2: Cascata, Cânions e Lagoa Azul

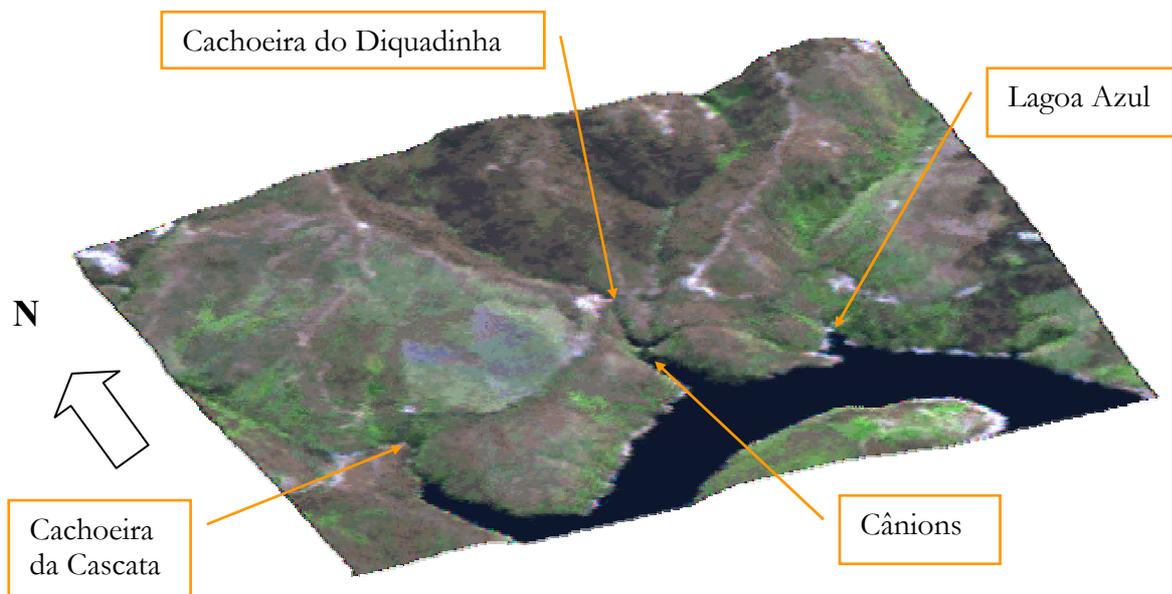


FIGURA 6.6 - Bloco-diagrama do Circuito 2, com ângulo de azimute 25°, elevação 30°.

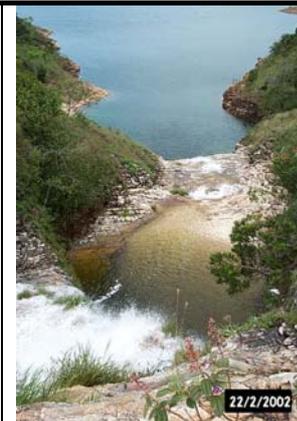
#### PRINCIPAIS ATRATIVOS DO CIRCUITO 2



Cachoeira da Cascata



Cachoeira dos Cânions



Cachoeira da Lagoa Azul

### 6.3.3 CIRCUITO 3: Fecho da Serra e Trilha do Sol

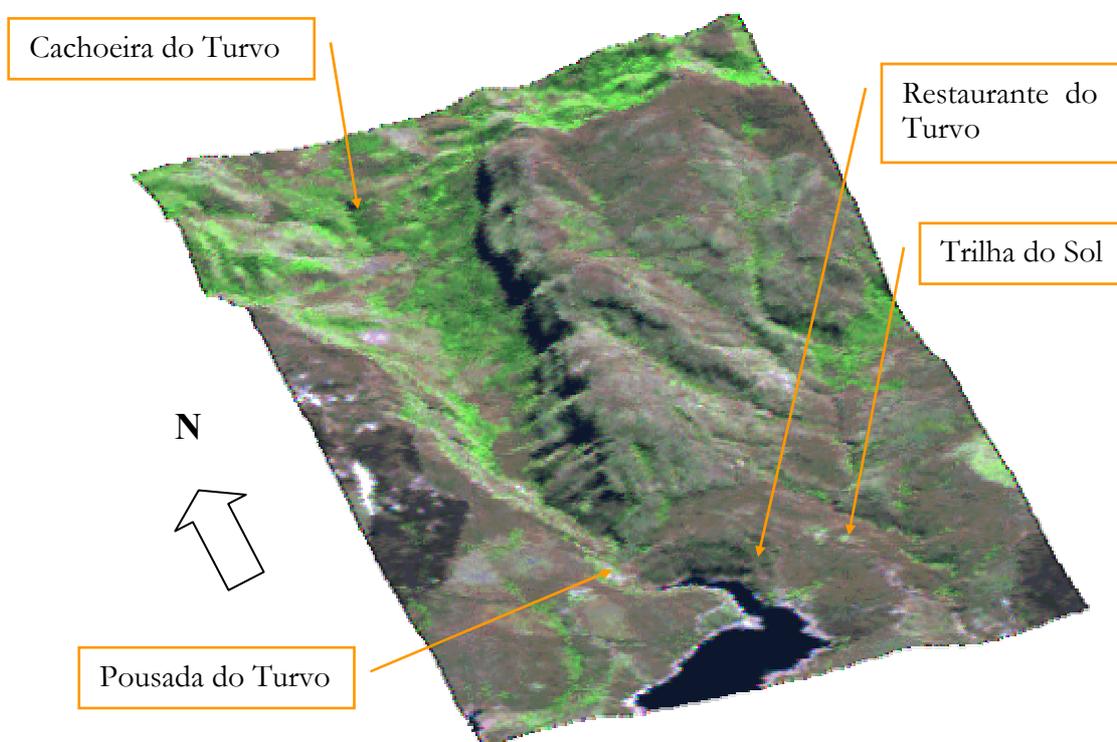


FIGURA 6.7 - Bloco-diagrama do Circuito 3, com ângulo de azimute 20°, elevação 35°.



### 6.3.4 CIRCUITO 4: Sítio Primavera e Grotão

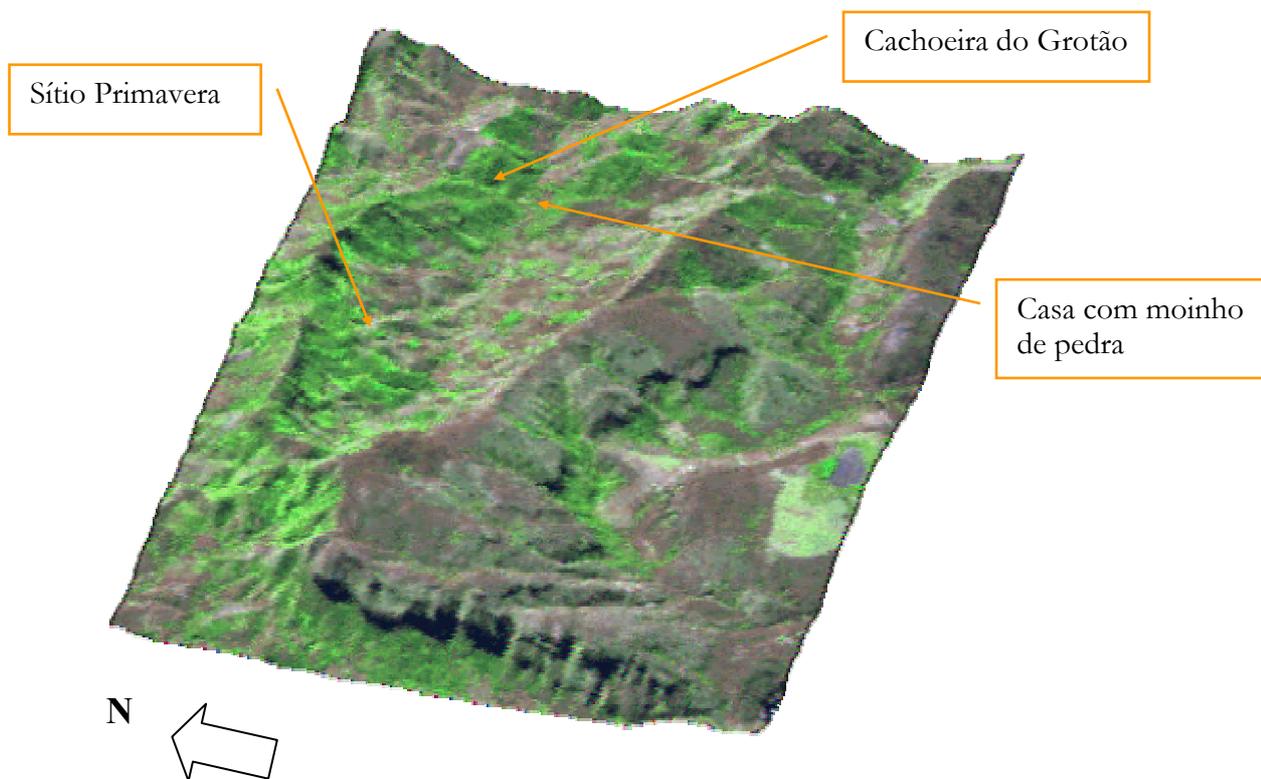


FIGURA 6.8 - Bloco-diagrama do Circuito 4, com ângulo de azimute 75°, elevação 35°.

#### PRINCIPAIS ATRATIVOS DO CIRCUITO 4

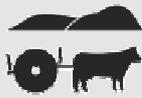


Cachoeira do Grotão



Casa com moinho de pedra

#### PRINCIPAIS ATRATIVOS DO CIRCUITO 4 (Continuação)



Playground para crianças



Piscina infantil



Alojamentos para retiros



Colheita de café para consumo local



Início da trilha Senior



Trecho da trilha Júnior



Forno à lenha



Refeitório



Pomar



Criação de ovelhas



Serra conhecida localmente como Caracol



Serra conhecida localmente como Bonde

### 6.3.5 CIRCUITO 5: Circuito do Funil

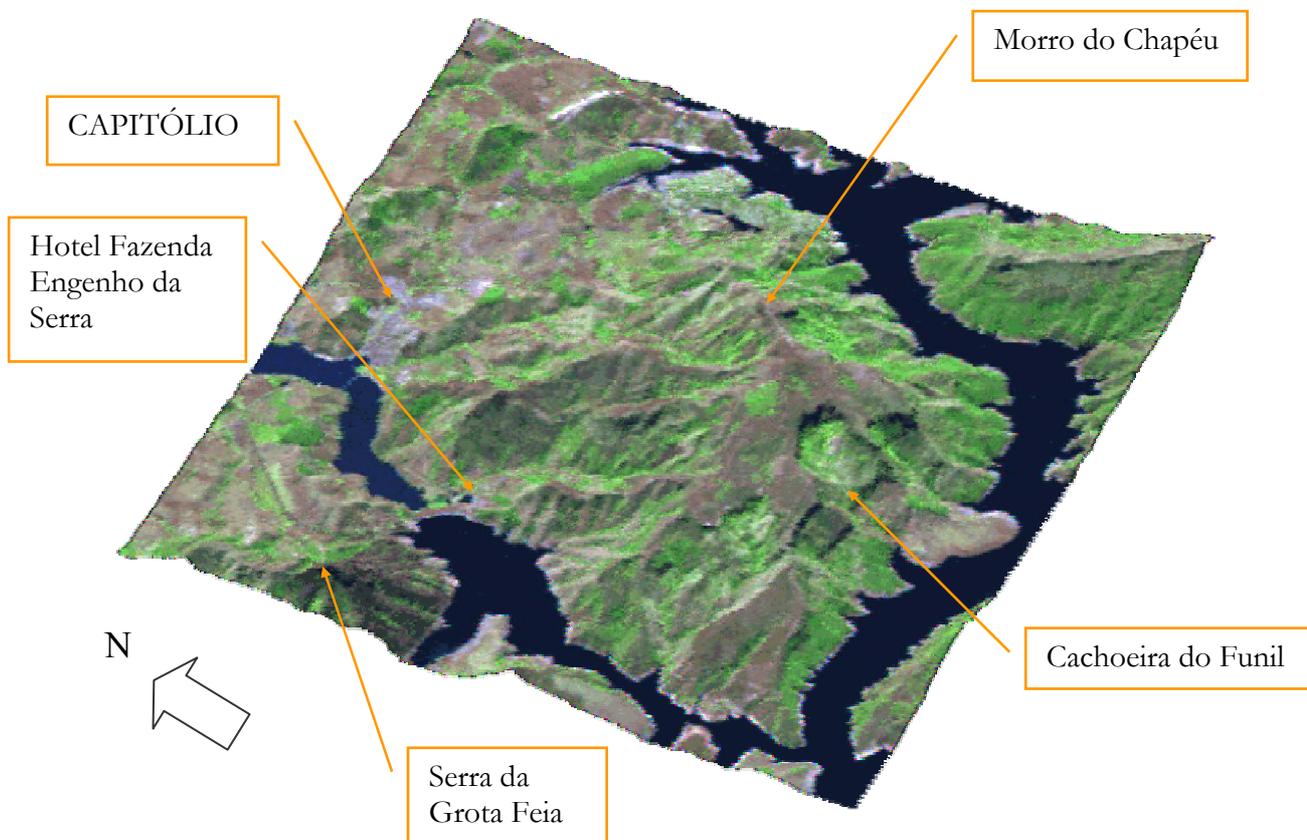


FIGURA 6.9 - Bloco-diagrama do Circuito 5, com ângulo de azimute 65°, elevação 45°.



### 6.3.6 CIRCUITO 6: Cachoeiras da Água Limpa e Macaúbas

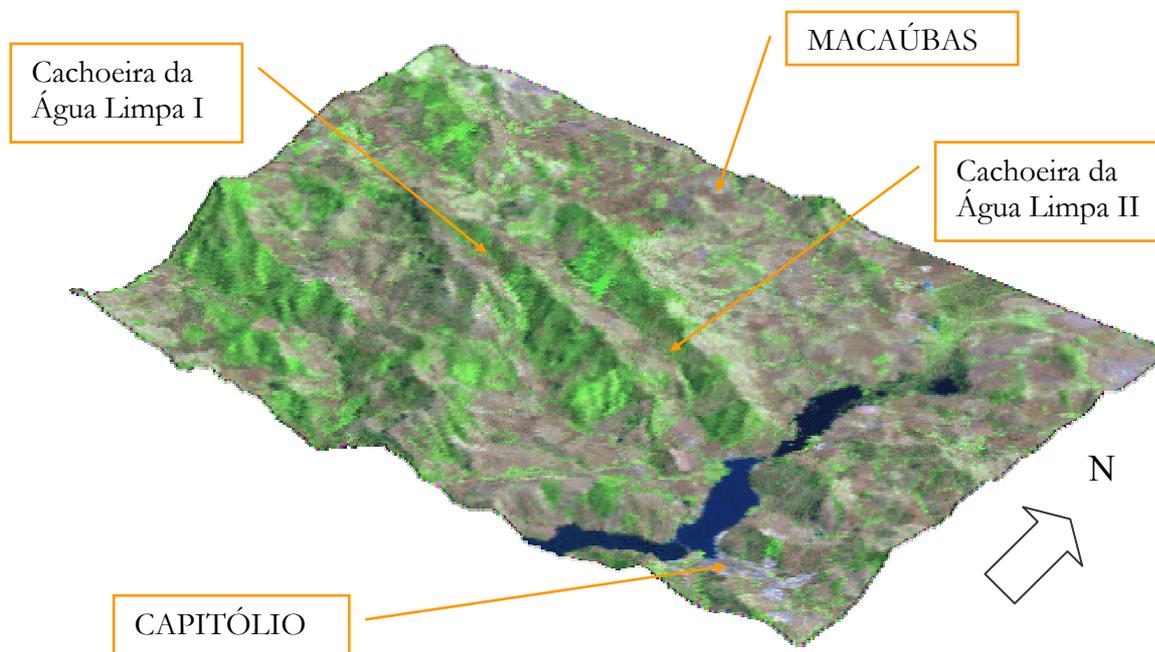


FIGURA 6.10 - Bloco-diagrama do Circuito 6, com ângulo de azimute 325°, elevação 35°.

#### PRINCIPAIS ATRATIVOS DO CIRCUITO 6



Cachoeira da Água Limpa I



Cachoeira da Água Limpa II



Vilarejo de Macaúbas: a igreja principal apresenta torres diferentes

**6.3.7 CIRCUITO 7: Cachoeiras da Mata Velha, Cachoeira do Issara e Serra da Grota Feia**

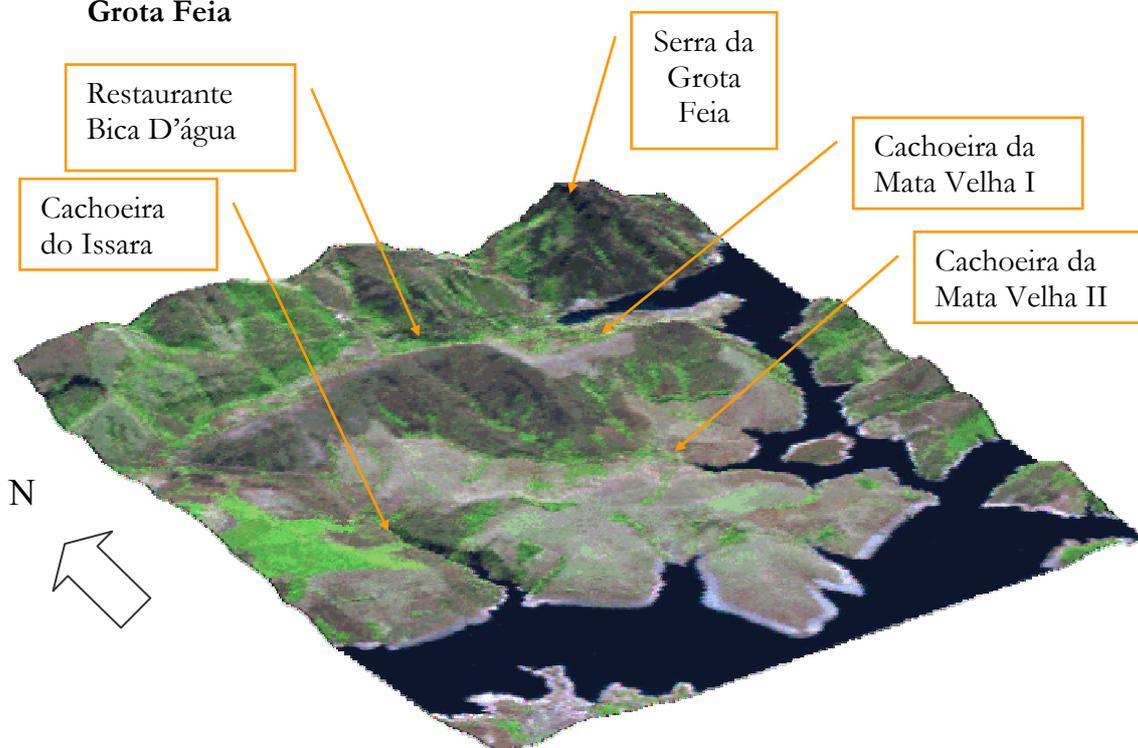


FIGURA 6.11 - Bloco-diagrama do Circuito 7, com ângulo de azimute 35°, elevação 30°.

**PRINCIPAIS ATRATIVOS DO CIRCUITO 7**



Cachoeira do Issara, também conhecida como Cachoeira do Sabiá.



Serra da Grota Feia: no alto desta serra localizam-se as torres de televisão para Capitólio.



Restaurante Bica D'Água



Bica D'Água



Cachoeiras da Mata Velha I e II

### 6.3.8 CIRCUITO 8: Escarpas do Lago e Cachoeira do Lobo

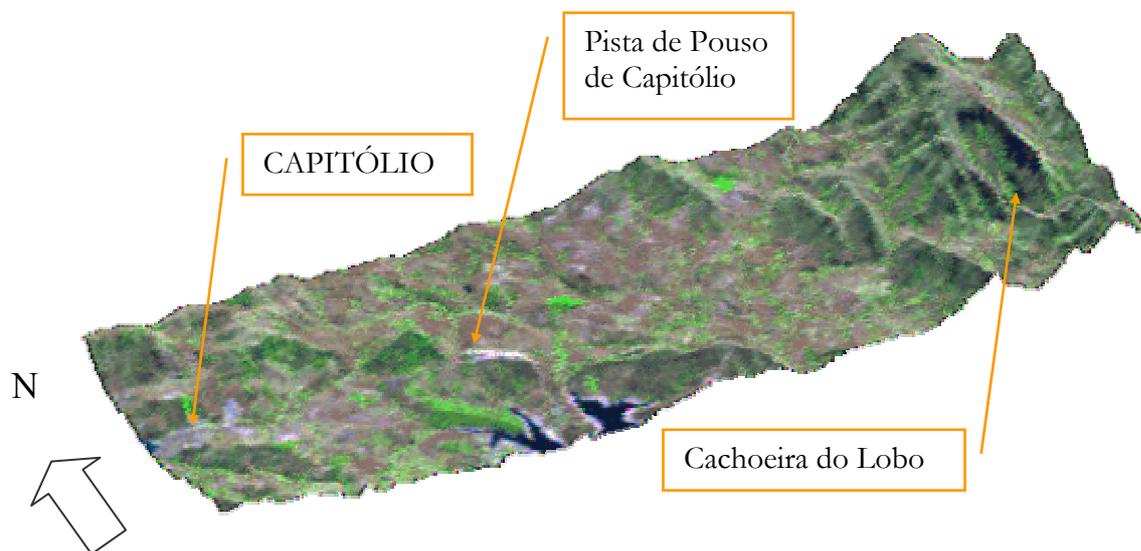


FIGURA 6.12 - Bloco-diagrama do Circuito 8, com ângulo de azimute 25°, elevação 40°.



## 6.4 O Gerenciamento do Banco de Dados para Ecoturismo

Mapas com pontos de interesse ecoturísticos da área de estudo elaborados a partir das técnicas de sensoriamento remoto e SIG, que permitam consultas de atributos de geo-objetos através de modelo cadastral no SPRING, não se traduzem em um simples mapa, tais quais os existentes em Atlas geográficos, “folders” de serviços turísticos, etc. O fato das representações cartográficas estarem atreladas a um Banco de Dados que é passível de consultas, montagem de “coleções” (mapas temáticos), agrupamentos, seleção de fotos, acessos a *url*s relacionadas ao atributo, etc, tornam estes mapas uma classe que poder-se-ia chamar de “hiper-mapas” (à semelhança dos hiper-textos) com um diferencial significativo para as demandas de gerenciamento de recursos naturais e humanos. Na Figura 6.13, é demonstrado como um usuário/órgão gestor pode enriquecer o mapeamento de uma trilha. A cada ponto da trilha, onde foram coletadas as coordenadas pelo GPS e transferidas para o SIG SPRING, é possível associar uma informação como uma foto, um texto explicativo, gráficos, etc. Este procedimento permite um melhor controle do planejamento de trilhas interpretativas e gerenciamento dos recursos turísticos.

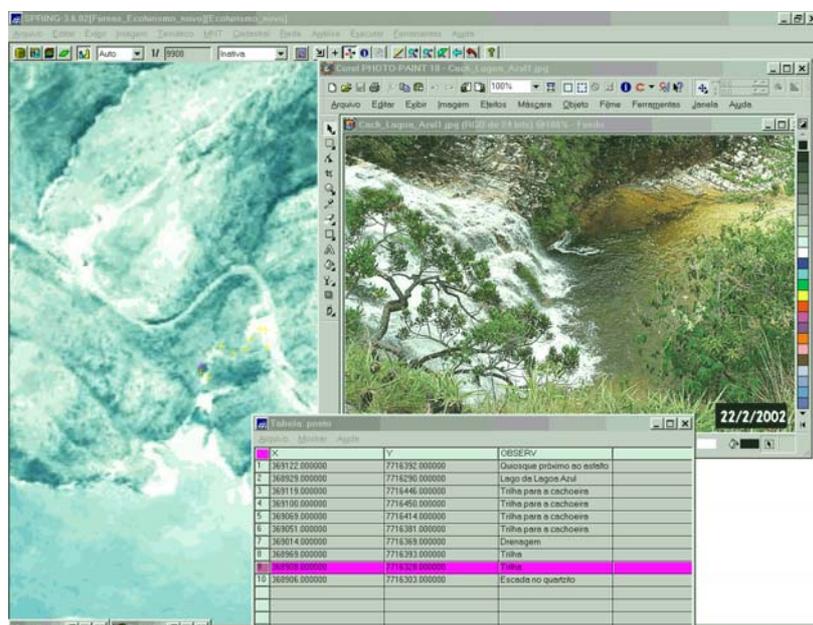


FIGURA 6.13 – Exemplo de gerenciamento do Banco de Dados por pontos (atrativos), no caso uma seqüência de pontos da trilha da cachoeira da Lagoa Azul. A cada ponto levantado é possível associar atributos que enriquecem a informação do atrativo, como, por exemplo: fotos, coordenadas geográficas, textos, etc.

No caso de atrativos naturais como cachoeiras, é possível associar como atributo, informações específicas em formas de textos e anexar fotos. A título de exemplo, são mostradas algumas informações específicas da Cachoeira do Grotão (Circuito 4), conforme a sistematização de Beni (1998) para atrativos naturais do tipo “quedas d’águas”, que podem ser anexadas para a tabela de atributos do atrativo em forma de arquivo digital (Figura 6.14).

 Cachoeira		CACHOEIRA DO GROTÃO
<b>Altura</b>	Aproximadamente 11 m	
<b>Largura</b>	Aproximadamente 7 m	
<b>Volume de água</b>		
<b>Número de saltos</b>	Uma queda, formando vários degraus.	
<b>Qualidade da água</b>	Água limpa.	
<b>Possibilidades de banho</b>	Duchas e piscinas naturais.	
<b>Característica da paisagem circundante</b>	Mata mesófila.	
<b>Locais e percursos com interesse de visitação</b>	Estrada do Grotão, casa com moinho d’água.	
<b>Nível de poluição</b>	Presença de lixo.	
<b>Observações</b>	Local de fácil acesso.	
<b>Coordenadas planas</b>	381.635 m e 7.722.212 m	



FIGURA 6.14 – Exemplo de informações (pontuais) que auxiliam no gerenciamento do atrativo no Banco de Dados. No exemplo, são mostrados dados informacionais e foto da Cachoeira do Grotão, de acordo com a sistematização proposta por Beni (1998).

Outros tipos de informação suplementar podem ser anexados a respeito do atrativo natural, em forma de arquivo digital. Um bom exemplo seria anexar o termo de responsabilidade para a utilização do atrativo, se o local o exigir (pode ser inserido no campo de atributos do atrativo a figura escaneizada em extensão “jpg”, por exemplo). O Sistema permite também a inclusão de outras extensões de arquivos digitais que dão mais versatilidade ao gerenciamento do recurso turístico para o órgão gestor do Banco de Dados Geográficos (Figura 6.15).

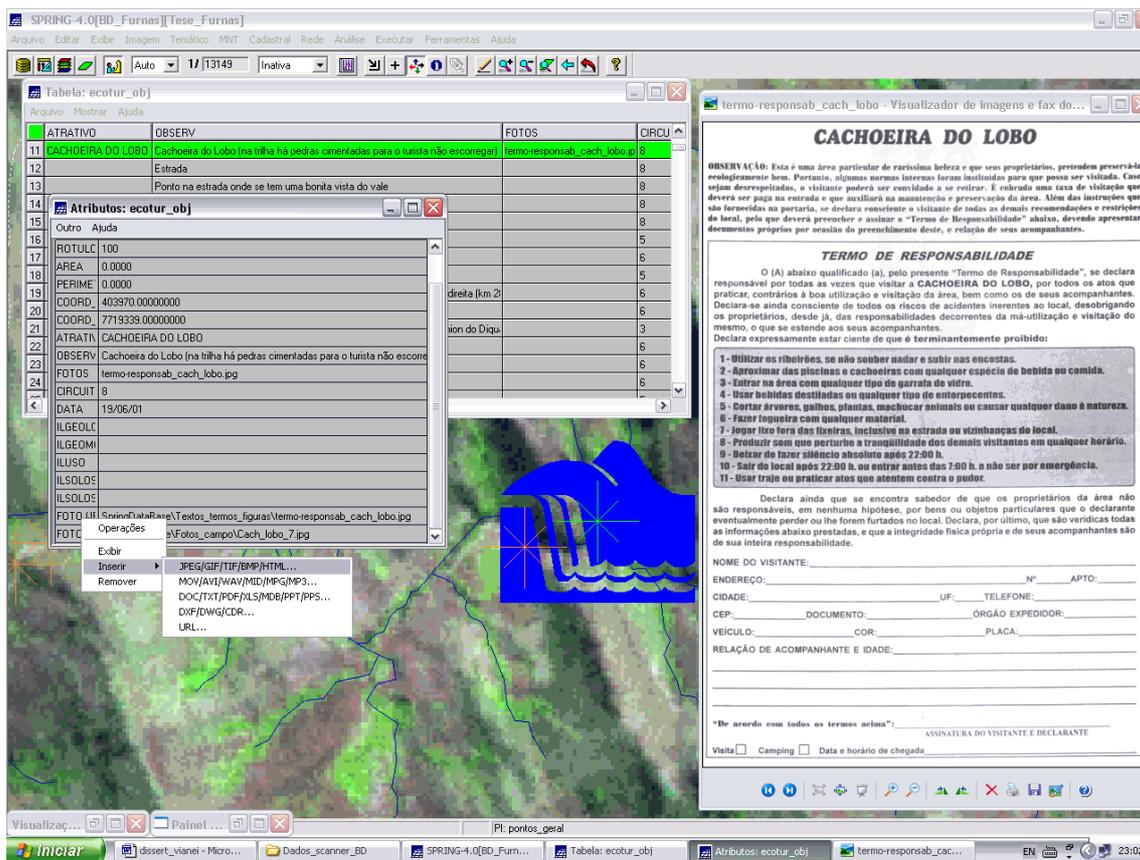


FIGURA 6.15 – Exemplo de informação em formato de arquivo digital que pode ser anexada aos atributos do atrativo no Banco de Dados Geográficos. No caso em questão, o Termo de Responsabilidade que o turista da Cachoeira do Lobo precisa assinar para utilizar o local.

Este recurso de um SIG permite incrementar uma cartografia que pode orientar um aproveitamento racional e consciente da Natureza, auxiliando na gestão apropriada dos recursos ambientais. É possível estabelecer itinerários turísticos dentro de parques ecológicos, exaltando a presença de fauna e flora de alto interesse educativo, além de indicar nichos de alto valor naturalísticos.

A utilização de mapas e de sistemas de informações como suporte para o planejamento turístico municipal não é algo novo. Bissoli (2001) ressalta a importância de gerenciar um volume enorme de informações para suporte em turismo, através de um Banco de Dados. Em seu trabalho, os sistemas de informações dão suporte aos planos de desenvolvimento turístico em três municípios de pequeno porte. Também Magalhães (2002), em seu trabalho no município de Catas Altas – MG, apresenta uma proposta metodológica de implantação de planejamento para turismo em pequenos municípios, com o apoio do levantamento de

informações e mapas para um inventário turístico. Considerando o aspecto de um SIG permitir ser constantemente “alimentado” com novas informações especializadas e gerar mapas a partir destas informações, a contribuição da metodologia desta dissertação complementa os trabalhos das autoras mencionadas no sentido de apresentar a versatilidade de se produzir informações especializadas, considerando a proposta de Bissoli (2001), e gerar mapas com informações atreladas a um Banco de Dados, considerando a proposta de Magalhães (2002). Esta versatilidade de um SIG vem ao encontro de uma proposta de inventariar os recursos turísticos de um município, com custo baixo, sendo o ponto de partida para um planejamento turístico com base em desenvolvimento sustentável.

No que diz respeito ao que foi constatado em campo, merecem atenção os conflitos de interesse sobre a melhor forma de aproveitamento dos recursos naturais da área, cujo ordenamento pode ser auxiliado pelos recursos de um SIG. Por exemplo, o extrativismo de quartzito na área é perfeitamente mapeável e quantificável para fins de gerenciamento. Por estarem localizadas na zona de influência do Parque da Serra da Canastra, as pedreiras necessitam de regulamentação mais rígida, pois atuam em áreas de forte endemismo de espécies. As pedreiras em áreas de campos rupestres representam perigo não só aos mananciais de águas cristalinas, mas também à diversidade de espécies, uma vez que nestes campos rupestres existem muitas espécies endêmicas que poderiam ser extintas pela exploração mineral (especialmente das famílias asteráceas e melastomatáceas). Estas espécies podem ser fotografadas, catalogadas e terem registradas suas áreas de ocorrência para o Banco de Dados Geográficos, podendo também serem mapeadas as zonas de uso restrito em função da raridade e importância científica destas espécies.

Apenas para ilustrar essa questão, segue uma descrição de caracterização fitofisionômica feita na pesquisa, que pode enriquecer um roteiro de trilhas interpretativas de cunho florístico.

#### 6.4.1 Caracterização Fitofisionômica de Algumas Trilhas de Interesse Turístico da Área de Estudo

Muitas das trilhas de acesso aos pontos de interesse turístico atravessam vários *habitats* diferentes, que vão desde a cobertura vegetal máxima das Matas Ciliares até aqueles totalmente heliófilos, como os Campos Rupestres. É recomendável que uma trilha interpretativa atravesse um maior número de *habitats*, pois dessa forma pode-se estimular o turista a observar a forte e positiva correlação existente entre o número de *habitats* e a riqueza de espécies.

A classificação de Cerrado Denso, utilizada neste trabalho, corresponde a um cerradão de menor porte. Nele são encontradas as mesmas espécies lenhosas do Campo Cerrado apresentando, contudo, maior altura (5-7m) e maior densidade de cobertura que os cerrados mais abertos, além de possuir um estrato graminoso escasso e descontínuo.

A relação das espécies, até onde foi possível a identificação, encontra-se disposta em ordem alfabética na Tabela 6.2 e de acordo com a trilha e a formação em que a planta foi encontrada, na Tabela 6.3.

Na Tabela 6.2 o número de espécies observado em cada formação vegetal não reflete a riqueza e a diversidade de cada *habitat*, reflete apenas o esforço de coleta realizado. Neste trabalho não foram utilizados métodos fitossociológicos que permitissem a análise dos parâmetros de diversidade. Os retângulos que estão sem informação, na Tabela 6.3, representam os *habitats* ou formações fitofisionômicas que não foram expressivas ou não foram encontradas na trilha. É válido ressaltar que muitas espécies ocorrem em mais de uma fitofisionomia. Isto se deve às exigências fisiológicas de cada espécie, que eventualmente são atendidas em mais de um *habitat*. Como exemplo, plantas que possuem alta demanda de água e sombra, dificilmente sobreviveriam em *habitats* abertos e secos como os cerrados e campos rupestres. Por outro lado, plantas heliófilas não germinam nem se desenvolvem satisfatoriamente em locais fortemente sombreados, mas podem suportar várias categorias de formações abertas.

Uma descrição sucinta das fitofisionomias de cada trilha é feita a seguir.

**Paraíso Perdido e Paraíso Proibido:** A trilha para estas duas cachoeiras é caracterizada pela vegetação de Campo Cerrado, com predominância de *Vochysia thyrsoidea* (sapatinho de noiva), *Eremanthus sp.* (candeia), *Styryphnodendron adstringens* (barbatimão), *Erythroxyllum suberosum* (muchiba) e *Kielmeyera coriacea* (pau-santo). O estrato herbáceo é dominado por gramíneas principalmente *Tristachya chrysothrix*; Cyperaceae (tiriricas) de várias espécies; muitos exemplares de *Microlicia sp.*, uma Melastomataceae muito utilizada para fins ornamentais e *Xyris sp.* nas áreas mais úmidas. O início da trilha é bastante alterado quanto à densidade de cobertura, mas mantém a fisionomia de árvores baixas e retorcidas com estrato herbáceo gramíneo e as espécies típicas do Cerrado (Tabelas 6.2 e 6.3). Nessas áreas alteradas, podem-se observar capins cultivados e espécies ruderais semi-espontâneas como *Baccharis dracunculifolia* (alecrim) e *Solanum lycocarpum* (fruta de lobo). As áreas mais úmidas e de solo mais profundo apresentam fragmentos alterados de matas de encosta e Matas Ciliares com árvores de maior porte, como *Zanthoxylum riedelianum*, *Hirtella glandulosa*, *Ficus sp.*, *Clusia sp.*, muitas Melastomataceae e Myrtaceae arbóreas e algumas epífitas, como *Tillandsia sp.* (pequena bromélia prateada). A área de acampamento é dominada por este tipo de vegetação florestal, mas nos cânions e bordas quartzíticas das cachoeiras predominam espécies rupestres como *Vellozia sp.*, *Barbacenia sp.*, além de várias Asteraceae, Melastomataceae, Cyperaceae e Cactaceae.

**Morro do Chapéu:** A trilha que dá acesso ao Morro do Chapéu é composta por Matas Mesofíticas de Encosta nos locais mais úmidos e de solos mais profundos e por Cerrados Densos e Campos Cerrados nos solos mais secos. Nas trilhas do topo do Morro, onde os solos são rasos e os afloramentos rochosos constantes, há predomínio de Campos Rupestres. Nesses afloramentos rochosos, sempre revestidos de líquens, são frequentes as espécies dos gêneros *Vellozia sp.* (canela-de-ema) com mais de um metro de altura, *Barbacenia sp.*, *Tibouchina sp.*, *Dyckia leptostachya*, algumas Cactaceae (cactos) e Orchydaceae (orquídeas) e várias espécies de Asteraceae. Entre um e outro afloramento quartzítico, formam-se solos muito rasos e arenosos que são cobertos por capins, principalmente *Tristachya chrysothrix*; *Evolvulus sp.*, uma erva ornamental de flores azuis e muitas Cyperaceae (tiriricas) e Eriocaulaceae (sempre-vivas). Matas Ciliares de poucos metros de largura e baixa estatura cortam os Campos Rupestres nas linhas de drenagem. Nas bordas destas

pequenas e úmidas matas pode ser encontrada a espécie *Alstroemeria gardneri*, uma herbácea de interesse ornamental.

**Cachoeira do Funil:** Todo o percurso da estrada que dá acesso à Cachoeira do Funil é dominado por formações florestais como Matas Ciliares, Matas Mesofíticas e Cerrados Densos. As formações abertas encontradas no percurso são principalmente antrópicas e nas cotas mais altas, onde os solos são mais pobres e secos há formações de Cerrado. Como a Cachoeira do Funil encontra-se encaixada em um estreito vale, seu entorno é marcado por árvores típicas de Mata Ciliar e Mata Mesofítica de Encosta. Neste local as espécies arbóreas mais evidentes são: *Ficus sp.* (gameleira), *Luehea divaricata* (açoita-cavalo), *Croton sp.* (capixingui), *Alchornea triplinervea* (tapiá-guaçu), *Cabrera canjerana* (canjerana) e *Cedrella fissilis* (cedro). No estrato inferior próximo ao rio, as plantas mais freqüentes são *Piper sp.* (pimenta-longa), *Cyathea sp.* (samambaiáçu), muitos indivíduos da família Maranthaceae e Pteridófitas.

**Trilha do Sol:** As fitofisionomias mais evidentes nesta trilha são Campo Cerrado, Campo rupestre e Matas Ciliares, cuja lista de espécies pode ser vista nas Tabelas 6.2 e 6.3. Nas adjacências dos alojamentos, o Campo Cerrado encontra-se bastante alterado pela ação antrópica, apresentando vários elementos ruderais como *Bidens pilosa* (picão) e *Vernonia sp.* (assa-peixe). Ainda assim são encontradas todas as espécies típicas dessa formação, sendo bastante freqüentes a frutífera arbustiva *Hancornia speciosa* (mangaba), *Vochysia thyrsoidea* (sapatinho-de-noiva), *Piptocarpha rotundifolia* (coração-de-negro) e uma espécie herbácea-arbustiva, *Jacaranda sp.* (carobinha), de xilopódio muito evidente. O xilopódio é uma tuberosidade (batata) lenhosa que se desenvolve na base do caule de certas plantas como resposta adaptativa a ambientes secos e oligotróficos. Nos afloramentos rochosos desenvolve-se vegetação de Campo Rupestre com presença marcante de *Vellozia sp.* e muitas Melastomataceae e Asteraceae, sendo esta última família com espécies supostamente endêmicas, pois só foram vistas na área dos paredões rochosos dos rios. As estreitas Matas Ciliares que ocupam as linhas de drenagem desses domínios apresentam várias espécies do cerrado alternadas com espécies de Mata Mesofítica e alguns elementos endêmicos.

**Fecho da Serra:** A trilha desta cachoeira é de aproximadamente seis quilômetros, sendo a maior parte ocupada por pastagens e matas secundárias em vários estádios de sucessão.

Este é o domínio das Matas Mesofíticas de Encosta, onde as partes mais altas são ocupadas por cerrados densos e as linhas de drenagem e grotões, por Matas Ciliares. As espécies levantadas em breve coleta nessas Matas Mesofíticas, podem ser vistas nas Tabelas 6.2 e 6.3. A palmeira acaule *Attalea sp.* (indaiá), encontrada nesta área, chama atenção pelo cacho de frutos produzido ao nível do solo.

**Cachoeira do Filó:** A trilha desta cachoeira, bem como as trilhas da Cascata, Cachoeira Diquadinha e Lagoa Azul são caracterizadas por solos muito rasos e arenosos, intercalados por afloramentos quartzíticos, favorecendo o povoamento pelas espécies xerófitas de Campo Cerrado e Campo Rupestre. As espécies mais comuns nestas áreas são *Vochysia thyrsoidea* (sapatinho de noiva), *Erythroxylum suberosum* (muchiba), *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão), *Eremanthus sp.* (candeia), *Vellozia sp.* (canela-de-ema) e muitas Malpighiaceae, Asteraceae, Melastomataceae. Nos afloramentos e paredões rochosos são comuns *Dyckia eptostachya* (uma bromélia espinhenta) e tufos de *Barbacenia sp.* Há também estreitas faixas de Matas Ciliares nas margens dos rios e nas linhas de drenagem.

**Trilha da Cascata:** Apresenta a mesma formação da Cachoeira do Filó, acrescentando-se a presença de duas espécies da família Apocynaceae: *Allamanda sp.*, de valor ornamental e *Hancornia speciosa*, cujo fruto, a mangaba, possui excelente sabor, sendo utilizado na confecção de geléias.

**Cachoeira Diquadinha e Platô dos Cânions:** Apresenta a mesma fitofisionomia da Cachoeira do Filó.

**Cachoeira da Lagoa Azul:** Possui a mesma fitofisionomia da Cachoeira do Filó. Contudo, a proximidade com a estrada e o alto fluxo de usuários impactaram bastante o aspecto natural da trilha, afetando a composição da flora. Como exemplo, as belas sempre-vivas do gênero *Paepalanthus* que outrora eram abundantes nas formações quartzíticas, hoje são cada vez mais raras e nesta Cachoeira estão restritas a poucos exemplares.

**Trilha do Grotão:** A cachoeira desta trilha encontra-se no domínio de Matas Mesofíticas. Apresenta alto porte (cerca de 20 m), com vários elementos da mata atlântica e epífitas.

**Sítio Primavera:** No entorno do Sítio Primavera predominam Matas Mesofíticas de Encosta e Matas Ciliares em vários estádios de regeneração. Foram observadas áreas de pastagens abandonadas onde agora crescem densas populações de *Eremanthus sp.* (candeião arbóreo), e outras pioneiras isoladas como *Casearia sp.* (olho-de-pomba) e *Mabea sp.* Nos locais de regeneração mais antiga foram observadas árvores altas (cerca de 20-25 m) de *Cariniana sp.* (jequitibá), *Cedrella fissilis* (cedro) e *Anadenanthera sp.* (angico) e cipós espessos. Nas linhas de drenagem, grotões e baixadas, as matas estão em avançado estágio de regeneração, com a presença no sub-bosque de *Cyathea sp.* (samambaiacu) de até seis metros de altura e dezenas de indivíduos jovens de *Euterpe edulis* (palmiteiro).

**Cachoeira do Lobo:** Esta cachoeira possui a mesma estrutura vegetacional do Sítio Primavera e da Trilha do Grotão. É o domínio de matas Mesofíticas de Encosta, bastante alterada pelo uso antrópico (café e gado) onde nas cotas mais altas são encontrados remanescentes de cerrados. Nas cotas mais baixas pode-se notar espécies tipicamente ripárias como *Inga sp.* (ingá) e *Croton sp.* e elementos da mata atlântica como *Euterpe edulis* (palmiteiro), *Anadenanthera sp.* (angico), *Cariniana sp.* (jequitibá), *Cedrella fissilis* (cedro) e *Copaifera langsdorffii* (copaíba), dentre outras.

TABELA 6.2 - Espécies vegetais mais comuns encontradas nas trilhas de interesse turístico da área de estudo.

Nº	ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME COMUM	FOTO/COMENTÁRIOS
01	<i>Alchornea sp.</i>	Euphorbiaceae	Tapiá-guaçu	
02	<i>Allamanda sp.</i>	Apocynaceae		
03	<i>Alstroemeria gardneri</i>	Alstroemeriaceae		 <p><i>Alstroemeria gardneri.</i> Bela erva ornamental encontrada nos campos rupestres, pois somente foi vista associada às bordas de cânions e paredões que margeiam os cursos d'água e matas ciliares. Local da foto: Morro do Chapéu.</p>
04	<i>Anadenanthera sp.</i>	Mimosaceae	Angico	
05	<i>Andropogon bicornis</i>	Poaceae	Capim rabo-de-burro	
06	<i>Aspidosperma sp.</i>	Apocinaceae		
07	<i>Attalea sp.</i>	Arecaceae	Indaiá	 <p><i>Attalea sp.</i> Palmeira comum nas áreas antrópicas anteriormente ocupadas por floresta meso-fítica. Local da foto: Trilha do Fecho da Serra.</p>
08	<i>Baccharis dracunculifolia</i>	Asteraceae	Alecrim-do-campo	
09	<i>Baccharis trimera</i>	Asteraceae	Carqueja	

Nº	ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME COMUM	FOTO/COMENTÁRIOS
10	<i>Barbacenia sp.</i>	Velloziaceae		 <p><i>Barbacenia sp.</i> É um outro gênero da família Velloziaceae, típico de campos rupestres. Local da foto: Morro do Chapéu.</p>
11	<i>Bidens pilosa</i>	Asteraceae	Picão	
12	<i>Bowdichia virgilioides</i>	Fabaceae	Sucupira-preta	
13	<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	Malpighiaceae	Murici	
14	<i>Cabralea cangerana</i>	Meliaceae	Canjerana	
15	<i>Cambessedesia sp.</i>	Melastomataceae		 <p><i>Cambessedesia sp.</i> Erva muito utilizada para fins ornamentais, comum em campos rupestres. Local da foto: Trilha do Sol.</p>
16	<i>Cariniana sp.</i>	Lecythidaceae	Jequitibá	
17	<i>Caryocar brasiliense</i>	Caryocaraceae	Pequi	 <p><i>Caryocar brasiliense.</i> Árvore de pequi. Apresenta fruto muito apreciado na culinária regional.</p>
18	<i>Casearia sp.</i>	Flacourtiaceae	Olho-de-pomba	
19	<i>Cecropia sp.</i>	Cecropiaceae	Embaúba	
20	<i>Cedrella fissilis</i>	Meliaceae	Cedro	
21	<i>Clusia sp.</i>	Clusiaceae		
22	<i>Copaifera langsdorffii</i>	Caesalpiniaceae	Copaíba, Pau d'óleo	
23	<i>Croton sp.</i>	Euphorbiaceae	Capixingui, Sangra d'água	

Nº	ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME COMUM	FOTO/COMENTÁRIOS
24	<i>Cyathea sp.</i>	Cyatheaceae	Samambaiçu	 <p><i>Cyathea sp.</i> Samambaia comum nas matas de fundo de vales e margens de rios. Local da foto: Cachoeira do Grotão.</p>
25	<i>Dalbergia sp.</i>	Papilionaceae	Caviúna-do-campo	
26	<i>Didymopanax macrocarpum</i>	Araliaceae	Mandiocão-do-cerrado	
27	<i>Dimorphandra mollis</i>	Mimosaceae	Barbatimão-da-folha-miúda	
28	<i>Duguetia sp.</i>	Annonaceae	Pindaíba	
29	<i>Dyckia leptostachya</i>	Bromeliaceae		
30	<i>Echinolaena inflexa</i>	Poaceae	Capim flechinha	
31	<i>Epidendrum nocturnum</i>	Orchidaceae		 <p><i>Epidendrum nocturnum.</i> Orquídea encontrada nas frestas das rochas, próxima aos cursos d'água. Local da foto: Morro do Chapéu.</p>
32	<i>Eremanthus sp.</i>	Asteraceae	Candeia	 <p><i>Eremanthus sp.</i> Arbusto lenhoso de folhas prateadas, de grande ocorrência na área de estudo. Local da foto: Morro do Chapéu.</p>
33	<i>Erythroxylum suberosum</i>	Erythroxilaceae	Muchiba	

Nº	ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME COMUM	FOTO/COMENTÁRIOS
34	<i>Euterpe edulis</i>	Arecaceae	Palmeiteiro, Jussara, Açazeiro	
35	<i>Evolvulus sp.</i>	Convolvulaceae		 <p><b>Evolvulus sp.</b> Erva heliófila (que vive a pleno sol) ornamental encontrada no Morro do Chapéu.</p>
36	<i>Ficus sp.</i>	Moraceae	Gameleira, Figueira	
37	<i>Hancornia speciosa</i>	Apocynaceae	Mangaba	
38	<i>Helicteres sp.</i>	Sterculiaceae	Saca-rolha	
39	<i>Hirtella glandulosa</i>	Chrysobalanaceae	Bosta-de-rato	
40	<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	Caesalpiniaceae	Jatobá-do-cerrado	
41	<i>Inga sp.</i>	Mimosaceae	Ingá	
42	<i>Jacaranda sp.</i>	Bignoniaceae	Carobinha	 <p><b>Jacaranda sp.</b> (carobinha). A seta indica o xilopódio, que é uma estrutura morfo-anatômica considerada uma adaptação para as condições xéricas, típica de plantas do estrato herbáceo-arbustivo do cerrado. Local da foto: Trilha do Sol.</p>
43	<i>Kielmeyera coriacea</i>	Clusiaceae	Pau-santo	 <p><b>Kielmeyera coriacea.</b> Planta típica do cerrado. Local da foto: Trilha da Cachoeira da Cascata.</p>
44	<i>Luehea divaricata</i>	Tiliaceae	Açoita-cavalo	

Nº	ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME COMUM	FOTO/COMENTÁRIOS
45	<i>Lychnophora sp.</i>	Asteraceae	Arnica	 <p><i>Lychnophora sp.</i> (Arnica) Planta medicinal amplamente usada contra contusões, através de infusões alcoólicas. Este gênero possui cerca de 80 espécies sendo comumente encontrado em campos rupestres e transições de cerrado. Local da foto: Trilha do Sol.</p>
46	<i>Mabea sp.</i>	Euphorbiaceae		
47	<i>Microlicia sp.</i>	Melastomataceae		
48	<i>Mimosa imbricata</i>	Mimosaceae		
49	<i>Ocotea sp.</i>	Lauraceae	Louro	
50	<i>Paepalanthus sp.</i>	Eriocaulaceae	Sempre-viva	 <p><i>Paepalanthus sp.</i> (sempre-viva). Planta de grande valor ornamental, as inflorescências desta espécie e de outras sempre-vivas são muito cole-tadas na região de Diamantina-MG para a confecção de arranjos florais para presentes. Local da foto: Trilha do Sol.</p>
51	<i>Palicourea rigida</i>	Rubiaceae	Bate-caixa	
52	<i>Paspalum sp.</i>	Poaceae		
53	<i>Paulinia sp.</i>	Sapindaceae		
54	<i>Pilocereus sp.</i>	Cactaceae	Cacto	 <p><i>Pilocereus sp.</i> Cacto típico de campos rupestres. Local da foto: Morro do Chapéu.</p>
55	<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	Asteraceae	Coração-de-negro	

Nº	ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME COMUM	FOTO/COMENTÁRIOS
56	<i>Psidium sp.</i>	Myrtaceae	Araçá	 <p><i>Psidium sp.</i> (Araçá). Planta comum em cerrados e campos naturais e antrópicos do Brasil. É comestível e saborosa. Local da foto: Trilha da cachoeira dos Cânions.</p>
57	<i>Psittacanthus sp.</i>	Loranthaceae	Cipó-de-São João, Erva-de-passarinho	 <p><i>Psittacanthus sp.</i> (Cipó de São João). Planta hemiparasita muito comum no cerrado. Local da foto: Morro do Chapéu.</p>
58	<i>Qualea grandiflora</i>	Vochysiaceae	Pau-terra	
59	<i>Rollinia sylvatica</i>	Annonaceae	Marolo	
60	<i>Senna sp.</i>	Caesalpiniaceae	São João	
61	<i>Siparuna guianensis</i>	Monimiaceae	Negra-mina, Limão-bravo	
62	<i>Solanum lycocarpum</i>	Solanaceae	Fruta-de-lobo	 <p><i>Solanum lycocarpum.</i> (Fruta-de-lobo). Planta subespontânea comum nos cerrados naturais e antrópicos. Local da foto: Morro do Chapéu.</p>
63	<i>Stryphnodendron adstringens</i>	Mimosaceae	Barbatimão, Pau-da- virgindade	 <p><i>Stryphnodendron adstringens.</i> Barbatimão. Planta da família Mimosaceae, típica do cerrado. Possui propriedade adstringente, usada no preparo de couros. Local da foto: Morro do Chapéu.</p>
64	<i>Tabebuia sp.</i>	Bignoniaceae	Ipê, Pau d'arco	

Nº	ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME COMUM	FOTO/COMENTÁRIOS
65	<i>Terminalia sp.</i>	Combretaceae	Capitão	
66	<i>Tibouchina sp.</i>	Melastomataceae	Quaresma-do-campo, Quaresminha	 <p><i>Tibouchina sp.</i> Quaresmeira do Campo. Local da foto: Morro do Chapéu.</p>
67	<i>Tillandsia sp.</i>	Bromeliaceae		
68	<i>Tocoyena formosa</i>	Rubiaceae		
69	<i>Tristachya chrysothrix</i>	Poaceae	Capim-flecha	 <p><i>Tristachya chrysothrix.</i> Capim flecha. Comumente encontrado em todas as trilhas de vegetação aberta. Local da foto: Morro do Chapéu.</p>
70	<i>Vellozia sp.</i>	Velloziaceae	Canela-de-ema	 <p><i>Vellozia sp.</i> Canela-de-ema. Planta de até 1,5 m de altura, encontradas no Morro do Chapéu.</p>
71	<i>Vernonia sp.</i>	Asteraceae	Assa-peixe	

Nº	ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME COMUM	FOTO/COMENTÁRIOS
72	<i>Vochysia thyrsoidea</i>	Vochysiaceae	Sapatinho-de-noiva	 <p><i>Vochysia thyrsoidea</i>. A árvore de maior ocorrência em todos os cerrados visitados. Esta espécie só não foi vista nas matas ciliares e matas mesofíticas. (Foto: gentileza de C. Honório)</p>
73	<i>Xilopia aromatica</i>	Annonaceae	Pimenta-de-macaco	 <p><i>Xilopia grandiflora</i> (Pimenta de macaco). Árvore de baixo porte, típica de cerrado. Local da foto: Morro do Chapéu.</p>
74	<i>Xilopia sericea</i>	Annonaceae		
75	<i>Xyris sp.</i>	Xyridaceae		
76	<i>Zanthoxylum riedelianum</i>	Rutaceae	Mamica-de-porca	
77	<i>Zeyhera montana</i>	Bignoniaceae	Bolsa-de-pastor	 <p><i>Zeyhera montana</i> (Bolsa de Pastor). Planta típica de cerrado. Local da foto: Trilha do Sol.</p>

TABELA 6.3 - Formações vegetais e espécies mais comuns que ocorrem nas trilhas de interesse turístico da área de estudo.

TRILHAS DE INTERESSE TURÍSTICO	FORMAÇÕES VEGETAIS*				
	Mata Ciliar	Mata Mesofítica	Cerrado Denso	Campo Cerrado	Campo Rupestre
1. Paraíso Perdido e Paraíso Proibido	01, 21, 24, 36, 39, 41, 44, 61, 67	01, 08, 09, 14, 19, 21, 36, 38, 39, 44, 46, 49, 59, 60, 61, 76	12, 13, 17, 25, 26, 27, 28, 32, 33, 40, 55, 57, 58, 62, 63, 68, 72, 73, 77	05, 08, 13, 17, 26, 27, 30, 32, 33, 43, 47, 51, 52, 55, 57, 58, 62, 63, 66, 68, 69, 72, 73, 75, 77	03, 05, 10, 29, 30, 32, 42, 45, 47, 52, 54, 63, 66, 69, 70, 71, 75
2. Morro do Chapéu	01, 19, 20, 21, 24, 36, 39, 41, 44, 61, 67	01, 04, 14, 19, 20, 21, 36, 38, 44, 46, 49, 56, 59, 60, 61, 64, 76	12, 13, 17, 25, 26, 27, 28, 32, 33, 40, 43, 52, 55, 57, 58, 62, 63, 64, 68, 72, 73, 77	05, 09, 11, 13, 17, 26, 27, 30, 32, 33, 43, 51, 52, 55, 56, 58, 63, 66, 68, 69, 72, 73, 75, 77	03, 05, 10, 11, 29, 30, 32, 35, 45, 47, 48, 52, 54, 66, 69, 70, 71, 75
3. Cachoeira do Funil	01, 06, 19, 20, 21, 23, 24, 34, 36, 38, 39, 41, 44, 61, 67	01, 14, 18, 19, 20, 21, 23, 25, 36, 38, 44, 46, 49, 53, 59, 60, 61, 64, 76,	12, 13, 17, 25, 26, 27, 28, 32, 33, 40, 55, 57, 58, 62, 63, 64, 72, 73, 77		
4. Trilha do Sol	01, 19, 24, 36, 39, 41, 44, 67		12, 13, 17, 25, 26, 27, 28, 32, 33, 40, 55, 57, 58, 62, 63, 64, 68, 72, 73, 77	05, 09, 11, 13, 17, 26, 27, 30, 32, 33, 37, 42, 43, 51, 55, 58, 62, 63, 66, 69, 71, 72, 73, 75, 77	03, 05, 10, 15, 29, 30, 32, 42, 45, 47, 50, 54, 66, 69, 70, 75
5. Fecho da Serra	01, 19, 21, 24, 36, 38, 39, 41, 44, 61, 67	01, 07, 14, 19, 21, 23, 36, 38, 44, 46, 49, 59, 60, 61, 71, 74, 76	07, 09, 12, 13, 17, 25, 26, 27, 28, 32, 33, 40, 55, 57, 58, 62, 63, 72, 73, 77		
6. Cachoeira do Filó	21, 24, 36, 39, 41, 44, 67			13, 26, 27, 30, 32, 33, 43, 47, 51, 55, 58, 63, 66, 69, 72, 73, 75	10, 29, 30, 32, 43, 47, 54, 66, 69, 70, 75
7. Trilha da Cascata	01, 21, 24, 36, 39, 41, 44, 67			02, 09, 13, 26, 27, 30, 32, 33, 37, 43, 47, 51, 55, 58, 63, 66, 69, 72, 73, 75	02, 09, 10, 29, 30, 32, 37, 43, 47, 54, 66, 69, 70, 75
8. Cachoeira Diquadinha e Platô dos Cânions	21, 24, 36, 39, 41, 44, 67			13, 26, 27, 30, 32, 33, 43, 47, 51, 55, 58, 63, 66, 69, 72, 73, 75	10, 29, 30, 32, 43, 47, 54, 66, 69, 70, 75
9. Cachoeira da Lagoa Azul	21, 24, 36, 39, 41, 44, 67			13, 26, 27, 30, 32, 33, 43, 47, 51, 55, 58, 63, 66, 69, 72, 73, 75	10, 29, 30, 32, 43, 47, 50, 54, 66, 69, 70, 75
10. Trilha do Grotão	01, 19, 21, 24, 34, 36, 39, 41, 44, 49, 61, 67	01, 14, 19, 21, 36, 38, 44, 46, 49, 59, 60, 61, 64, 65, 71, 76			
11. Sítio Primavera	01, 19, 23, 24, 34, 36, 39, 41, 44, 46, 49, 61, 67	01, 14, 16, 19, 21, 22, 36, 38, 44, 46, 49, 59, 60, 61, 64, 65, 71, 74, 76			
12. Cachoeira do Lobo	01, 19, 23, 24, 34, 36, 39, 41, 44, 46, 49, 61, 67	01, 14, 16, 19, 21, 22, 36, 38, 44, 46, 49, 59, 60, 61, 64, 65, 71, 74, 76	12, 13, 17, 25, 26, 27, 28, 32, 33, 40, 55, 57, 58, 62, 63, 72, 73, 77		

\* Cada número nesta tabela corresponde a uma espécie mencionada na Tabela 6.2.

#### 6.4.2 Caracterização de Feições de Interesse para o Geoturismo em Algumas Trilhas da Área de Estudo

Como foi visto no subitem 4.2.3 do Capítulo 4, o relevo da região é controlado por falhamentos, aspecto também chamado de relevo morfoestrutural. Os efeitos morfológicos produzidos por falhamentos revestem-se de singular importância para mapeamentos de atrativos naturais de interesse para ecoturismo porque podem estar relacionados ao aparecimento de seqüência de morros alinhados, corredeiras, cachoeiras, lagos, vales encaixados, vales suspensos e escarpas.

Suguio (1999) menciona que as falhas fornecem o maior número de informações úteis para a reconstituição do campo de esforço, que resultam no fenômeno de ruptura das rochas e que o relevo deformado por falhas pode ser freqüentemente identificado através de fotografias aéreas, onde as escarpas de falha (*fault scarps*) podem definir lineamentos (*lineaments*). Este autor destaca como imprescindíveis os produtos de sensoriamento remoto nos estudos de evidências geológicas para as pesquisas em Neotectônica<sup>26</sup>.

Apesar de não ser algo tão perceptível a um turista convencional, a bela paisagem da região é definida por orientações geométricas que encontram explicações em modelos da dinâmica dos esforços que as rochas sofreram. Para ilustrar esta questão, a Figura 6.16 mostra uma feição clássica de um relevo de falhas, facilmente perceptível na fotografia aérea (escala de 1: 25.000) da localidade chamada de Trilha do Sol. Este tipo de informação pode enriquecer uma trilha interpretativa para **geoturismo** deste local, através de folders educativos que se utilize de produtos de sensoriamento remoto (fotografias aéreas ou imagens orbitais) como recurso didático. A dinâmica da paisagem será melhor apreendida por um turista se ele entender os processos que ali ocorrem, tornando a sua visita ao local mais interessante.

---

<sup>26</sup> Novo ramo das Geociências que estuda a Geologia do Terciário e Quaternário.



FIGURA 6.16 – Fotografia aérea mostrando as escarpas de falha na Trilha do Sol - Município de Capitólio – MG.

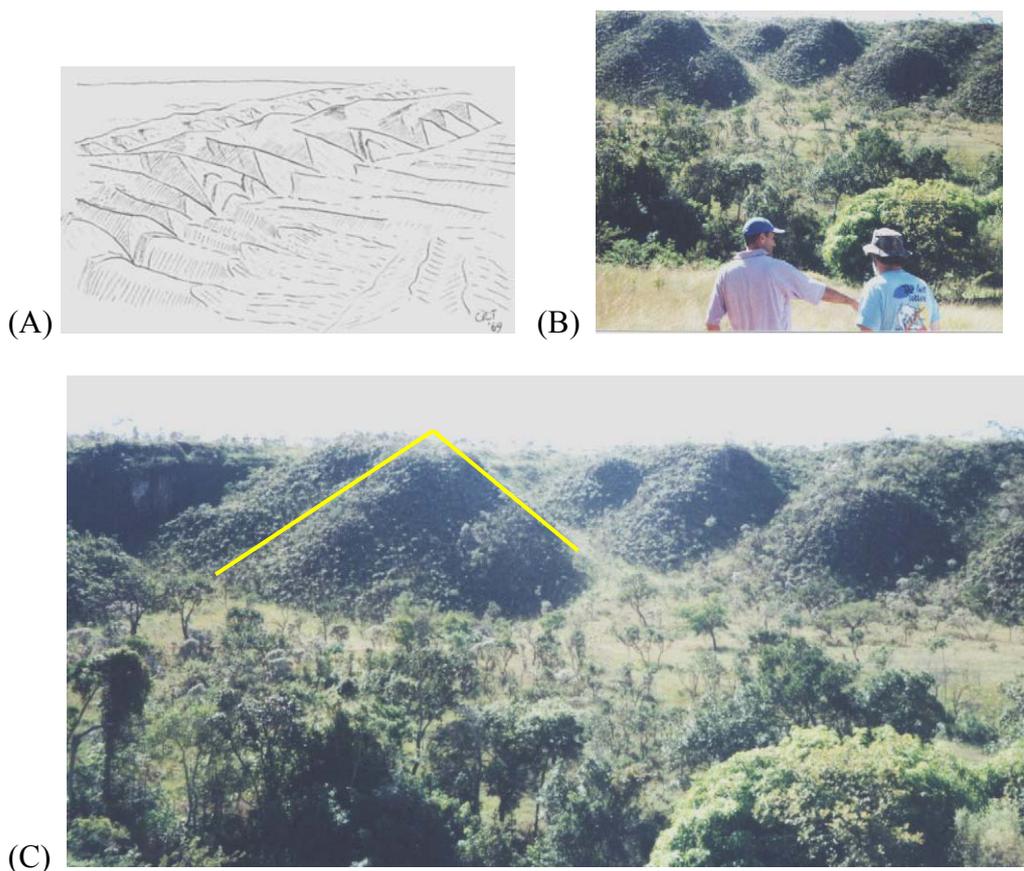


FIGURA 6.17 – Em (A), esquema mostrando uma escarpa de falha (Twidale, 1971). Em (B) e (C), detalhes das facetas triangulares características das escarpas de falha na Trilha do Sol - Município de Capitólio – MG.

## 6.5 Efeitos do Clima na Sazonalidade do Ecoturismo Local

Um aspecto interessante registrado no período de levantamento de campo foi a influência do clima na sazonalidade do turismo local. Não é objetivo deste trabalho fazer uma análise profunda da dinâmica climática que ocorre na área de estudo, entretanto, para a compreensão do efeito das variáveis climáticas de precipitação e temperatura na oscilação da demanda turística da região, julgou-se necessário fazer uma breve análise destes elementos, no contexto da pesquisa, a partir dos dados climáticos disponibilizados pelo Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais – SIMGE.

O clima da Região Sudeste do Brasil é caracterizado pela heterogeneidade das variáveis meteorológicas, principalmente quanto ao regime de temperatura. Isto ocorre devido aos fatores estáticos (posição latitudinal, maritimidade, grandes contrastes morfológicos) e fatores dinâmicos (sistemas frontais, sistemas de alta e baixa pressão) interagindo-se entre si (Nimer, 1990).

O Estado de Minas Gerais ocupa a maior parte da Região Sudeste e como está inserido totalmente na zona tropical, pode ser definido por dois períodos sazonais ao longo do ano: o chuvoso e o seco.

A região da Serra da Canastra, localizada no sudoeste de Minas Gerais, possui um clima com características peculiares, diferenciando-se das demais áreas do estado, principalmente no que se refere a precipitação e temperatura.

No período chuvoso (outubro a março) as precipitações na região da Canastra podem chegar a 1700 mm enquanto que no período seco (abril a setembro) alcançam 500 mm. Estes valores se referem à normal climatológica<sup>27</sup> do total de precipitação acumulada nos meses que correspondem a esses períodos, apresentando uma diferença acentuada no total de chuva entre esses dois períodos.

As chuvas nesta região para o período chuvoso variam de 1200 a 1400 mm (Figura 6.18), contribuindo muito para a elevação do volume dos cursos d'água.

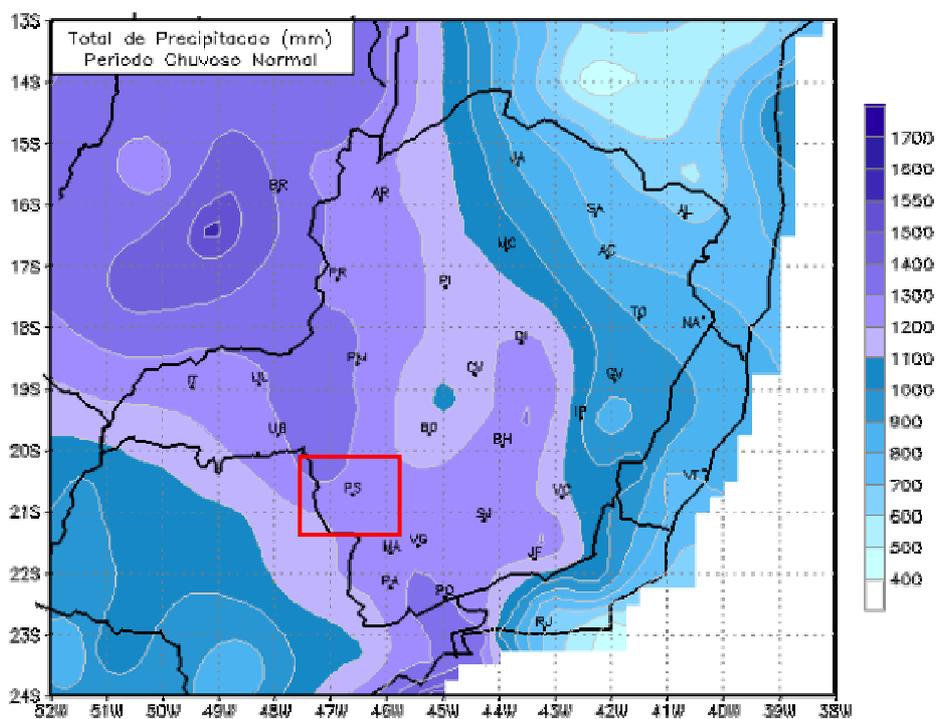


FIGURA 6.18 – Precipitação total normal (mm) para o período chuvoso no Estado de Minas Gerais. A região da Serra da Canastra está localizada no retângulo vermelho.

FONTE: SIMGE (2003).

Este período chuvoso é caracterizado por temperaturas mais elevadas para todo o estado. Na região da Serra da Canastra verificam-se valores médios variando de 17 a 24°C para este período do ano, sendo uma das regiões do estado com registros mais baixos de temperatura (Figura 6.19).

<sup>27</sup> **Normal climatológica** corresponde à média aritmética de uma série histórica de dados de 30 anos. No presente trabalho os mapas foram produzidos a partir das normais climatológicas 1960 - 1990 do INMET, e submetidos a procedimentos de análise objetiva pelo CPTEC / INPE (SIMGE, 2003).

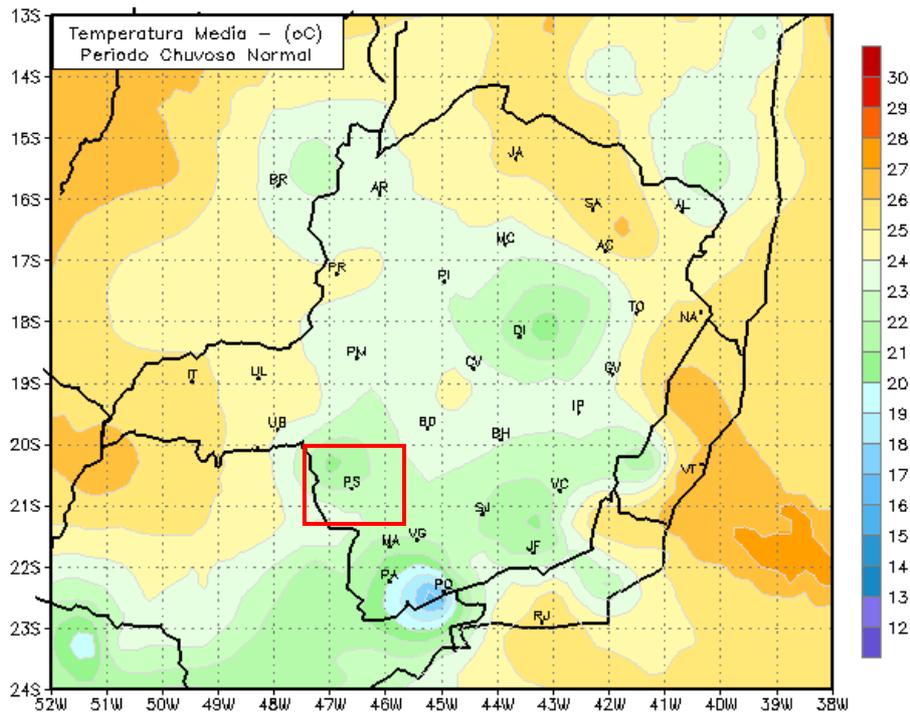


FIGURA 6.19 – Temperatura média normal (°C) para o período chuvoso no Estado de Minas Gerais. A região da Serra da Canastra está localizada no retângulo vermelho.  
 FONTE: SIMGE (2003).

O regime pluviométrico e de temperatura normal no período chuvoso para a região da Serra da Canastra oferece as condições de tempo mais adequadas para a prática do ecoturismo na região. Os elevados índices de precipitação que aumentam o volume dos rios e cachoeiras da região, associados às elevadas temperaturas médias, propiciam condições adequadas para usufruir das belezas naturais da região.

Já o período seco registra valores bem menores, tanto de precipitação quanto de temperatura, para todo o Estado de Minas Gerais. Todavia, a região da Serra da Canastra apresenta os valores mais elevados de precipitação quando comparado com o restante do estado. Desta forma, de acordo com a Figura 6.20, os índices pluviométricos variam de 200 a 400 mm para a região da Canastra.

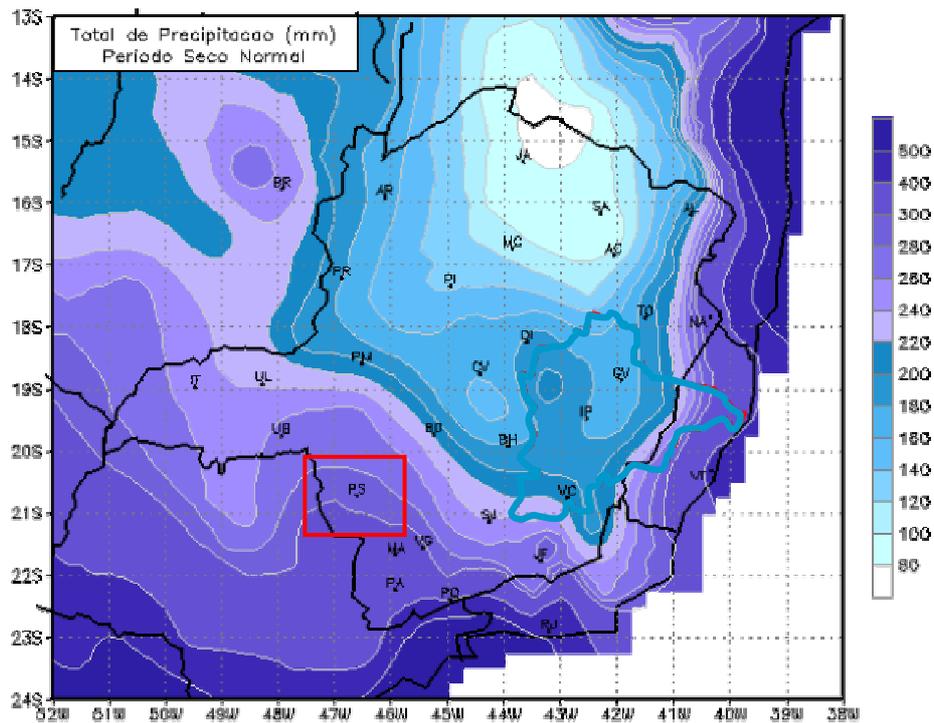


FIGURA 6.20 – Precipitação total normal (mm) para o período seco no Estado de Minas Gerais. A região da Serra da Canastra está localizada no retângulo vermelho.  
 FONTE: SIMGE (2003).

No que se refere à temperatura média para o período seco, a região da Serra da Canastra e adjacências apresenta valores baixos de temperatura média em relação às demais regiões do estado. A Figura 6.21 mostra isotermas para todo estado, registrando para a área da Canastra valores variando entre 14 a 21°C.

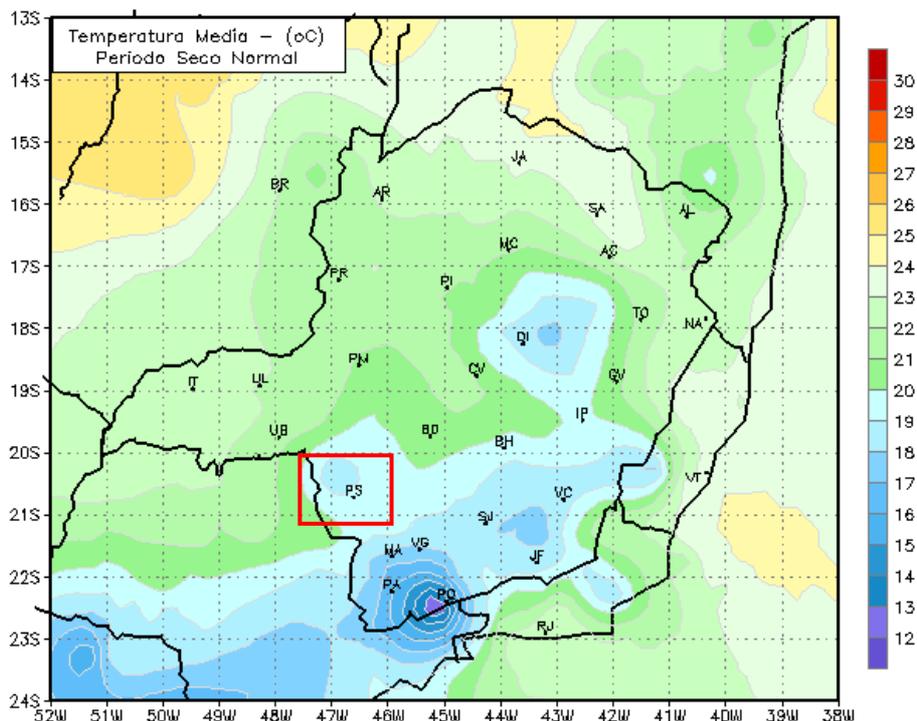


FIGURA 6.21 – Temperatura média normal (°C) para o período seco no Estado de Minas Gerais. A região da Serra da Canastra está localizada no retângulo vermelho.  
 FONTE: SIMGE (2003).

Ressalta-se que apesar do comportamento normal destas variáveis acima descrito, pode haver variações acima ou abaixo da normal climatológica (estas variações são conhecidas como **anomalias**) no regime de chuva e temperatura.

No período seco (abril a setembro) do ano de 2001, verificou-se na região da Canastra uma considerável diminuição nos índices pluviométricos. A Figura 6.22 apresenta a anomalia de precipitação para a área da Serra da Canastra de até 175 mm abaixo da normal climatológica. Já para o início do ano de 2002, na estação chuvosa, verificou-se para o mês de fevereiro índices pluviométricos acima da normal climatológica alcançando valores de até 200 mm de anomalia positiva para a região da Canastra (Figura 6.23).

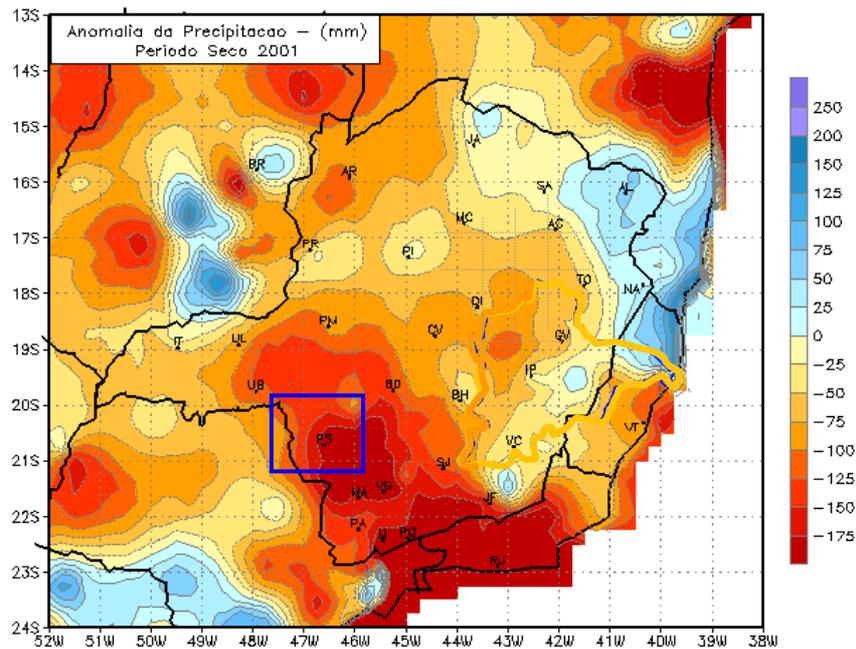


FIGURA 6.22 – Anomalia de precipitação para o período seco de 2001 para o Estado de Minas Gerais. A região da Serra da Canastra está localizada no retângulo azul.  
FONTE: SIMGE (2003).

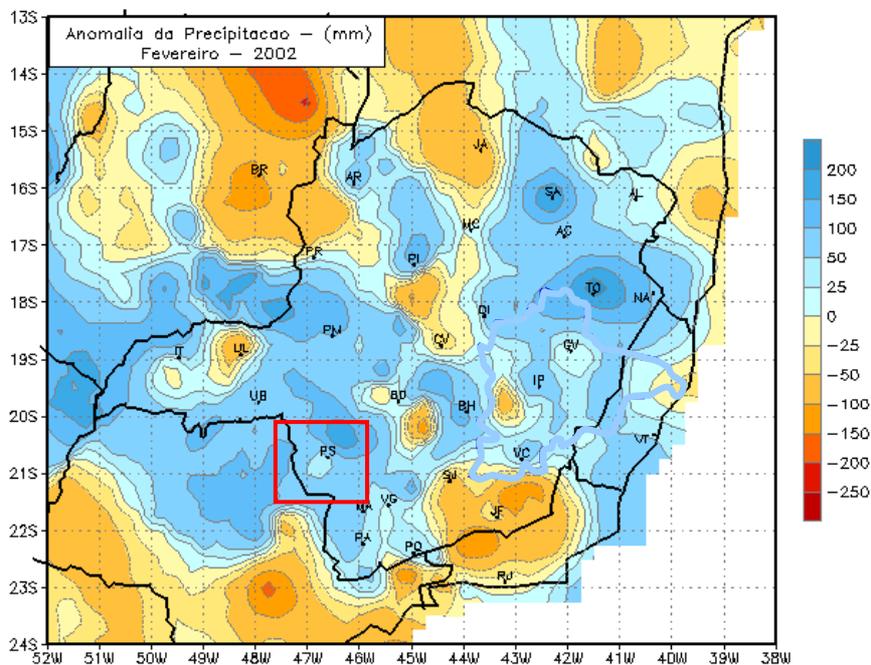


FIGURA 6.23 – Anomalia de precipitação para o mês de fevereiro de 2002 para o Estado de Minas Gerais. A região da Serra da Canastra está localizada no retângulo vermelho.  
FONTE: SIMGE (2003).

Os valores das anomalias registrados pelos dados climatológicos do SIMGE indicam que no período seco (inverno) de 2001 houve uma diminuição considerável no regime de chuvas, muito além do esperado, fato que culminou no famoso “apagão”, racionamento de energia elétrica imposto pelo Governo Federal, naquele período, face à alarmante diminuição dos níveis dos reservatórios das principais UHE’s do Sudeste do país.

A diminuição dos valores de precipitação, no período seco, afetou consideravelmente os volumes d’água dos rios e cachoeiras da região, como pode ser observado na seqüência das Figuras 6.24A a 6.30A. Entretanto, o aumento considerável nos índices de precipitação no mês de fevereiro do ano seguinte (2002) influenciou diretamente no aumento do volume dos cursos d’água da região, como pode ser observado na seqüência das Figuras 6.24B a 6.30B.



FIGURA 6.24 - Em (A), Cachoeira do Turvo no período da seca. Em (B), no período de intensa precipitação pluviométrica ocorrida oito meses depois.



FIGURA 6.25 - Em (A), Cachoeira do Grotão no período da seca. Em (B), no período de intensa precipitação pluviométrica ocorrida oito meses depois.



FIGURA 6.26 - Em (A), vista da Cachoeira dos Cânions no período da seca. Em (B), no período de intensa precipitação pluviométrica ocorrida oito meses depois.



FIGURA 6.27 - Em (A), vista da região dos Caneons no período da seca. Em (B), no período de intensa precipitação pluviométrica ocorrida oito meses depois.



FIGURA 6.28 - Em (A), vista da outra Cachoeira dos Cânions no período da seca. Em (B), no período de intensa precipitação pluviométrica ocorrida oito meses depois.

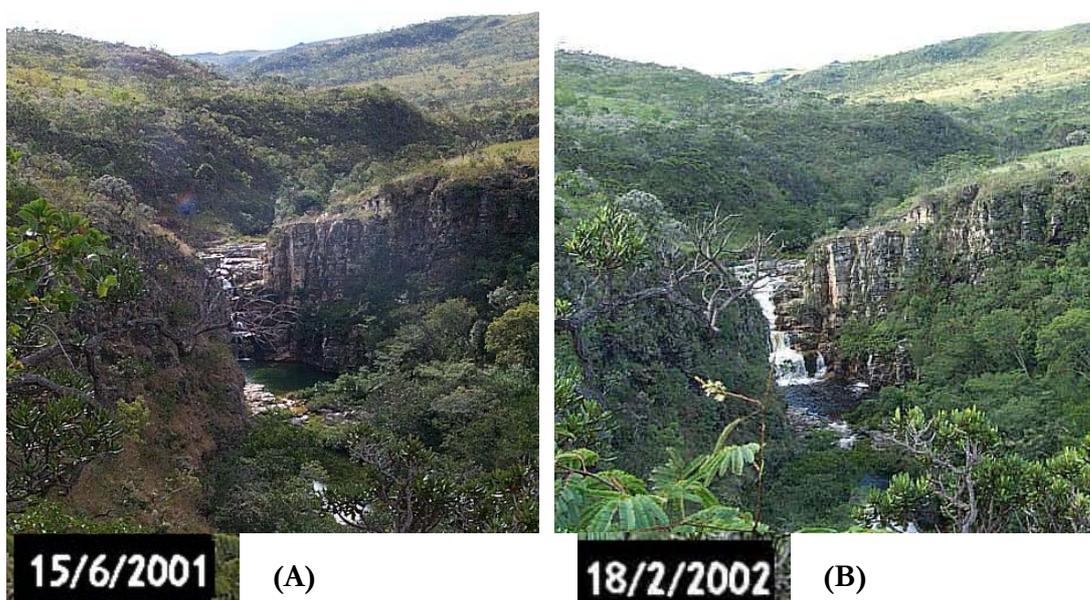


FIGURA 6.29 - Em (A), Cachoeira do Paraíso Proibido no período da seca. Em (B), no período de intensa precipitação pluviométrica ocorrida oito meses depois.



FIGURA 6.30 - Em (A), vista da cachoeira da escarpa do Chapadão, no Morro do Chapéu, no período da seca. Em (B), foto obtida no momento em que se aproxima uma nuvem de chuva, oito meses depois. Notar que a cachoeira da encosta é praticamente imperceptível no período da seca.

Neste contexto, pode-se verificar o papel do clima influenciando diretamente o potencial turístico da região, alterando a paisagem no que concerne ao volume dos rios e cachoeiras, bem como na exuberância da cobertura vegetal da região. Sendo assim, estudar as épocas mais adequadas do ano de acordo com as condições climáticas é fundamental para compreender a dinâmica da sazonalidade turística da região.

A sazonalidade da demanda turística, que se caracteriza pela concentração de turistas em certas localidades em determinadas épocas do ano e por sua ausência quase total em outras, pode afetar significativamente a economia de uma região. Ruschmann (1997) chama a atenção para o fato de que muitos hotéis chegam a fechar na chamada “baixa estação”, outros se mantêm com índices de ocupação extremamente baixos, o que compromete sua rentabilidade, contribuindo também para o desemprego nessas épocas do ano.

Na área de estudo, foi constatado que o período da seca (inverno de 2001) provocou transtornos e efeitos econômicos negativos consideráveis nas localidades receptoras, fato mencionado não somente pela mídia, na época, mas também pelas entrevistas informais com os donos de pousadas e hotéis da região. Os empreendimentos hoteleiros em construção, nesta época, encontravam-se praticamente com as obras paralisadas ou em ritmo muito lento de prosseguimento na atividade de construção, evidenciando os impactos negativos da insegurança de investimentos neste setor, provocados pela seca.

Um outro ponto importante a ressaltar é que no período extremamente chuvoso, registrado pela pesquisa no verão subsequente, oito meses depois (período do Carnaval de 2002), alguns efeitos negativos também se fizeram notar pelo excesso do regime de chuvas: as estradas de terra ficaram intransitáveis, chegando a isolar algumas localidades receptoras, que tiveram prejuízo pela total ausência de turistas. Em outras localidades, cujas cachoeiras estão em rios encaixados (Paraíso Perdido, Cascata, Trilha do Sol), devido aos riscos de tromba d’água nas cabeceiras, também houve prejuízos pelo baixo afluxo de turistas.

## 6.6 Sugestões de Atividades Ecoturísticas na Área de Estudo

As sugestões das principais modalidades de atividades ecoturísticas<sup>28</sup> que podem ser praticadas na área de estudo, conforme levantamento de campo da pesquisa, estão sintetizadas na Tabela 6.4.

TABELA 6.4 – Sugestões de atividades ecoturísticas que podem ser praticadas na área de pesquisa.

ATIVIDADE	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	LOCALIDADE E CIRCUITO	OBSERVAÇÕES
<b>Camping</b>	Acampamentos de lazer em áreas com infra-estrutura ou em áreas selvagens.	Clube Recreativo Quebra-Anzol (Circuito 1), Paraíso Perdido (Circuito 1), Trilha do Sol.	Pode ser realizado com segurança nestes locais, pois já possuem infra-estrutura para <i>camping</i> .
<b>Canoagem</b>	Descer rios com ou sem corredeiras; enfrentar o mar, remar em lagoa. São vários os níveis de dificuldades.	Lago de Furnas (Circuito Geral) e Lago do rio Piumhi (Circuito 5)	Ainda não há empreendimentos para a prática de canoagem, mesmo amadora.
<b>Canyoning</b>	Descidas em cachoeiras sendo suspenso por uma corda, com a mesma técnica do rapel, enfrentando-se os desníveis do relevo, o peso e a temperatura da água. Para maior segurança, é sempre bom estar acompanhado de monitores especializados e utilizar equipamentos apropriados.	Cachoeira dos Cânions (Circuito 2)	Alguns grampos para <i>canyoning</i> foram colocados nessa localidade, porém não há infra-estrutura com segurança para grandes grupos que praticam este tipo de atividade.
<b>Cicloturismo</b>	Passeios de bicicleta, em contato com a natureza. Exige preparo físico, boa alimentação, equipamentos específicos de uso pessoal, de segurança e para manutenção da bicicleta.	Circuito do Funil (Circuito 5)	Atividade que pode ser realizada preferencialmente no período da seca (ausência de chuvas)
<b>Escalada ou Montanhismo</b>	Escalada de paredões das serras. Esporte de risco, só deve ser praticado por pessoas capacitadas e com devidos equipamentos, respeitando-se sempre as normas de segurança.	Paredão do Fecho da Serra (Circuito 3).	Atividade que pode ser realizada preferencialmente no período da seca (ausência de chuvas)
<b>Observação da fauna e da</b>	Observar aves e espécies da fauna e da flora em geral é uma	Estrada para a Cachoeira do Grotão	Para a observação de flora ver as

<sup>28</sup> A descrição da atividade ecoturística foi feita de acordo com IstoÉ (2003) e Guia Quatro Rodas (2000).

ATIVIDADE	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	LOCALIDADE E CIRCUITO	OBSERVAÇÕES
<b>flora</b>	atividade que exige paciência e silêncio. Prática difundida entre os pesquisadores científicos, hoje é mais uma atividade ecoturística.	(Circuito 4), Estrada para a Cachoeira do Fecho da Serra, Trilha do Sol (Circuito 3), estrada para Macaúbas (Circuito 6), Morro do Chapéu (Circuito 5).	espécies e localidades apresentadas nas Tabelas 6.2 e 6.3 respectivamente.
<b>Passesios a cavalo</b>	Percurso podem ser feitos durante o dia ou em noite de lua cheia, com boa luminosidade. É indicado o acompanhamento de guias experientes.	Cumeira da Serra da Grota Feia (Circuito 4), Fazenda Morro Preto (Circuito 8).	Existem iniciativas de grupos de fazendeiros locais que praticam em locais pré-estabelecidos.
<b>Pesca Esportiva</b>	Modalidade de pesca que obedece as regras quanto ao tamanho dos peixes capturados e aos locais autorizados para a prática.	Lago do rio Piumhi, Fazenda Engenho da Serra (Circuito 5).	Existem outros pesque-pagues na área de estudo, porém menos divulgados
<b>Rapel</b>	Descida por cordas, em abismos, paredões, rochas, etc. O nível de dificuldade é medido de acordo com os graus de inclinação do local onde é praticado. Por uma questão de segurança, são importantes o acompanhamento de monitores especializados e o uso de equipamentos apropriados.	Ponte do Ipiranga e Paredão do Fecho da Serra (Circuito 3).	Existem alguns locais que apresentam grampos para a prática desta atividade.
<b>Safári fotográfico</b>	Varição do turismo de observação da natureza. Seus roteiros são traçados em função da beleza cênica e das condições ideais de luz para a fotografia. É mais apreciado por quem tem boas noções de técnica e possui bons equipamentos fotográficos.	Em toda as localidades pode ser sugerida a prática deste tipo de atividade.	O empresariado local poderia também patrocinar calendários com fotos locais tiradas pela comunidade ou por turistas.
<b>Trekking</b>	Caminhadas curtas, que levam horas e em que não se acampa, ou longas, com pernoite em acampamento.	Estrada para a Cachoeira do Fecho da Serra. (Circuito 3), Morro do Chapéu (Circuito 5); Estrada do Mirante da Mata Velha (Circuito 7)	Outras trilhas também podem ser usadas para trekking, dependendo da disposição do turista e das condições de tempo.
<b>Turismo esotérico</b>	Exploração da natureza em seu caráter holístico, buscando a	Morro do Chapéu (Circuito 5).	Há também uma data em que é

ATIVIDADE	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	LOCALIDADE E CIRCUITO	OBSERVAÇÕES
	integração com o meio ambiente, aproveitando a oportunidade do convívio em caminhadas e de exercícios de meditação ao ar livre.		feita pela comunidade católica de Capitólio uma romaria até à capelinha do Morro Chapéu.
<b>Turismo rural</b>	Vivência no ambiente rural das fazendas, conhecendo-se as tradições regionais e o dia-a-dia local.	Sítio Primavera (Circuito 4) e Hotel Fazenda Engenho da Serra (Circuito 5)	O Hotel Fazenda Engenho da Serra está em fase de construção.
<b>Banho de cachoeira</b>	Mais do que simples queda d'água, muitas cachoeiras são verdadeiros monumentos da natureza. Os banhos são ótimos para revigorar o corpo e renovar as energias entre uma trilha e outra. É importante ficar atento a superfícies escorregadias, a mergulhos em águas rasas e às fortes corredeiras.	Paraíso Perdido, Quebra-Anzol, Cachoeira do Filó (Circuito 1); Cachoeira da Cascata, Cânions (pelo lago), Cachoeira do Diquadinha (Circuito 2); Cachoeira do Turvo (Circuito 3), Cachoeira do Grotão (Circuito 4)	Quase todas as cachoeiras da região formam piscinas naturais. A prática é recomendada no verão, com recomendações aos locais em que há perigo de ocorrência de trombas d'água.
<b>Mergulho</b>	O mergulho livre é feito na superfície, utilizando-se da máscara e snorkel. O mergulho autônomo exige técnica, credenciamento em escolas e equipamento específico (cilindro), que permite o mergulho a vários metros de profundidade, por um tempo maior.	Lagoa Azul (Circuito 3); nas proximidades da barragem de Furnas.	Há registros de mergulhadores amadores que praticam o mergulho autônomo, inclusive que relatam locais de refúgio de aves, nas pequenas ilhas, quando o lago está mais baixo.
<b>Passeio de barco</b>	O tipo de embarcação pode variar de um saveiro ou uma escuna a uma lancha. Alguns passeios oferecem música e alimentação; outros são mais simples, a bordo de embarcações de pescadores. O que vale, em qualquer caso, é desfrutar a paisagem, o sol e a brisa, e chegar a lugares de outro modo inacessíveis.	Clube Náutico das Escarpas do Lago (Circuito 5), Ponto do Restaurante do Turvo (Circuito 3).	Há píeres em algumas propriedades particulares.



## CAPÍTULO 7

### CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A metodologia proposta permitiu reunir elementos para subsidiar o planejamento em ecoturismo através das técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto.

A modelagem de todas as informações em um Banco de Dados Geográficos atendeu plenamente às solicitações de informações necessárias para um **inventário turístico**, ponto de partida para um planejamento em ecoturismo.

Este trabalho representa uma contribuição ao trabalho de Bissoli (2001) e Magalhães (2002) na medida em que amplia as possibilidades do planejamento turístico municipal com base em sistemas de informação para um sistema de informações georreferenciadas, que poderia ter denominação de SIGE (Sistema de Informações Georreferenciadas para Ecoturismo).

Outra contribuição importante alcançada pela pesquisa foi conceber uma metodologia baseada em um SIG de distribuição gratuita, com suporte técnico também gratuito, permitindo o acesso às geotecnologias pela maioria dos municípios brasileiros. Além disso, este trabalho atende plenamente às orientações das diretrizes da EMBRATUR (Embratur, 1994) no que diz respeito às ações e objetivos para a implantação de uma política para o desenvolvimento do ecoturismo nacional.

O gerenciamento de um Banco de Dados Geográficos para turismo alternativo esteve fundamentado, no atendimento aos objetivos da pesquisa, em dois aspectos: na consulta de unidades de paisagem, que foram geradas a partir da integração de dados temáticos (de geologia, geomorfologia, solos, uso da terra e cobertura vegetal), e na consulta por pontos levantados em campo (atrativos) com potencial para ecoturismo.

Face ao caráter multidisciplinar dos diversos aspectos do ecoturismo, a metodologia de zoneamento desenvolvida na pesquisa permitiu que a partir da definição das unidades básicas de paisagem seja possível gerar coleções específicas (mapas com temas) em um plano de informação, através do módulo de consulta de um SIG. Dependendo da

necessidade do órgão gestor, podem ser gerados quantos planos de informação forem necessários para que os usuários façam suas análises e tomem decisões sobre as melhores opções de ordenamento do território. Entretanto, não se pode deixar de lado o papel de cada especialista no ajustes dos temas e na análise dos elementos da paisagem.

A documentação cartográfica produzida na pesquisa foi composta por mapas temáticos de geologia, geomorfologia, solos, vegetação/uso da terra, altimetria, oito blocos-diagramas de sub-áreas definidas como circuitos, um Banco de Dados Geográficos contendo vários Planos de Informações. Diversas informações podem ser adicionadas ao Banco de Dados, tornando este um importante instrumento para as finalidades de educação ambiental, de lazer e de estudos científicos, como requer a modalidade do geoturismo. Com relação ao aspecto científico do levantamento de informações para o Banco de Dados Geográficos, sugere-se a complementação, por uma equipe especializada, de informações sobre a fauna local.

No que tange às recomendações sobre os produtos de mapas advindos de técnicas de sensoriamento remoto que possam subsidiar planejamentos para ecoturismo, convém destacar a presença cada vez maior, no campo de geoprocessamento, de produtos obtidos por sensores de alta resolução espacial. Estes produtos revestem-se de grande importância para o enfoque desta pesquisa, uma vez que para atingir os objetivos de zoneamento de trilhas, cachoeiras, paredões, etc, faz-se necessário um mapeamento de detalhe. As Prefeituras devem se organizar no sentido de obter recursos para um levantamento cartográfico plani-altimétrico de mais detalhe para a elaboração de seus mapas municipais, em escala de 1:10.000, por exemplo, que podem ser muito bem utilizados para o ecoturismo.

Para finalizar, julga-se importante citar duas assertivas que bem poderiam resumir o sentimento da autora da pesquisa a respeito da questão levantada pelo fenômeno **ecoturismo**. A primeira é de autoria do IBAMA<sup>29</sup> e traduz a idéia do ecoturismo enquanto instrumento de cidadania:

---

<sup>29</sup><http://www.ibama.gov.br/revista/home.htm> . Acesso mar. 2003.

*“À parte de ser um negócio de importância econômica em âmbito mundial, capaz de prover os recursos necessários à implantação e operacionalização das iniciativas de conservação ambiental e preservação do patrimônio natural e cultural, o Ecoturismo representa por si só, uma importante forma de educação ambiental, talvez a mais efetiva sob o ponto de vista de sua abrangência”.*

A segunda frase é de autoria de Ruschmann<sup>30</sup>, a qual poderia definir um direcionamento esperado para o ecoturismo, enquanto interface entre turismo e meio-ambiente:

*“Quando a filosofia de ‘enriquecer rapidamente’ der lugar a de cuidar dos produtos e dos recursos para proporcionarem lucros menores, porém contínuos, o problema do impacto ambiental dará lugar à era de um turismo responsável”.*

---

<sup>30</sup> Doris Ruschmann, em **Turismo e Planejamento Sustentável: a proteção do Meio Ambiente**, p.112, 1997.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Saber A. N. O suporte geoecológico das florestas beiradeiras (ciliares). In: Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. F. ed. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP - Fapesp, 2000. Cap. 1, p. 15-25
- Almeida, F. F.; **Origem e evolução da plataforma brasileira**. Rio de Janeiro: DNPM/DGM, 1967. 36 p. (Boletim 241).
- Almeida, H. da C.; Di Ciero, J.; Sartori, R. S.; Serra Filho, R.; Wittern, K. **Reconhecimento detalhado e aptidão agrícola dos solos em área piloto no sul do Estado de Minas Gerais**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura – Instituto Brasileiro do Café, 1972. 209 p.
- Azevedo, L. G. e outros. **Ensaio metodológico de identificação e avaliação de unidades ambientais: a Estação Ecológica de Pirapitinga**. EMBRAPA-CPAC, 1987. 58 p.
- Barbosa, C. C. F.; Cordeiro, J. P.; Câmara, G.; Freitas, U. M. **Integração de objetos e campos geográficos em uma álgebra de mapas**. São José dos Campos, INPE, 1999. Disponível em: <[http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/gisbrasil99/algebra\\_mapas/](http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/gisbrasil99/algebra_mapas/)>. Acesso em jul. 2003 .
- Becker, B. K.; Egler, C. A. G. **Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos estados da Amazônia Legal**. Brasília: SAE-Secretaria de Assuntos Estratégicos/ MMA-Ministério do Meio Ambiente. 1996.
- Beni, M. C.; **Análise estrutural do turismo**. São Paulo: Editora SENAC - São Paulo, 1998. 427 p.
- Biddle, K.T.; Christie-Blick, N. Deformation and basin formation along strike-slip faults. In: Biddle, K.T. and Christie-Blick, N., (eds.). **Strike-slip deformation, basin formation, and sedimentation**. Tulsa, Oklahoma, USA: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (Special Publication), n. 37, 1985, p. 1-34.
- Bissoli, M. A. M. A. **Planejamento turístico municipal com suporte em sistemas de informações**. São Paulo: Futura, 2001. 170 p.
- Borges, K.; Davis, Clodoveu. Modelagem de Dados Geográficos. In: Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A. M. V.; Paiva, J. A.; D'Alge, J.C. L. (eds.). **Geoprocessamento: teoria e aplicações**. São José dos Campos: INPE. Cap. 18. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/cap18-modelagem.pdf>>. Acesso em abr. 2000.
- Câmara, G.; Medeiros, J. S. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. Tutorial. São José dos Campos. INPE. 1996.
- Camargo, M. N.; Hirano, C.; Freitas, F. G.; Jacomine, P. K. T.; Antunes, F. S.; Silveira, C. O.; Bennema, J. **Levantamento de reconhecimento dos solos da região sob influência do reservatório de Furnas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura – Centro Nacional de Pesquisas Agrônômicas, 1962. 462 p.

- Ceballos-Lascuráin, H. O ecoturismo como um fenômeno mundial. In: Lindenberg, K.; Hawkings, D. E. eds. **Ecoturismo: um guia para planejamento e gestão**. 2ª ed. São Paulo: Editora Senac – São Paulo, 1999. Cap. Introdutório, p. 23 – 29.
- CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais. **Guia ilustrado de plantas do cerrado de Minas Gerais**. São Paulo: Nobel. Nov. 2001. 96 p.
- Crepani, E.; Medeiros, J. S.; Azevedo, L. G.; Hernandez Filho, P.; Florenzano, T. G.; Duarte, V. **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico**. São José dos Campos: INPE, 1996. 18 p. (INPE 6145- PUD/028).
- Crepani, E.; Medeiros, J. S.; Azevedo, L. G.; Hernandez Filho, P.; Florenzano, T. G.; Duarte, V. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 1999. 80 p.
- Coutinho, L. M. O Cerrado e a ecologia do fogo. **Ciência Hoje**, v. 12, n. 68, p. 23-30, Nov. 1990.
- Crósta, A. P.; **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas-SP: IG/UNICAMP, 1993. 170 p.
- D'Alge, J. C. L. **Cartografia para geoprocessamento**. (INPE - São José dos Campos - SP, Mar. 2000). Comunicação Pessoal.
- Davis Jr., C. A.; Modelagem de Dados Geográficos (parte II). **Infogeo**, v. 1, n. 3, p. 44-46, 1998.
- Eiten, G. **Classificação da vegetação do Brasil**. Brasília: CNPq - Coordenação Editorial, 1983. 305 p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Serviço de Produção de Informação da Embrapa, 1999. 412 p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/search/novids/oqvai8/oqvai8.html>>. Acesso em abr. 2002.
- Ernst, W. G. **Minerais e rochas**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1971. 163 p.
- Felgueiras, C. A. Modelagem Numérica de Terreno. In: Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE. Cap. 7. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap7-mnt.pdf>>. Acesso em mar. 2000.
- Fennell, D. A.; Ecoturismo e ecoturistas. In: Rodrigues, A. B. **Ecoturismo: uma introdução**. São Paulo: Contexto, 2002. Cap. 2, p. 41-71.
- Fernandes, A. **Fitogeografia brasileira**. Fortaleza: Multigraf, nov. 1998. p. 253-286.
- Fonseca, L. M. G.; **Processamento digital de imagens de sensores remotos**. São José dos Campos: INPE, 2000). Apostila das Disciplina SER-437. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/~leila/ser437/ser437.html>. Acesso em jul. 2000.

- Florenzano, T. G.; **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97 p.
- Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Capitólio - Folha SF-23-V-B-IV-2**. Capitólio-MG, 1970. Mapa Topográfico. (Escala 1:50.000).
- Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Furnas - Folha SF-23-V-B-IV-1**. Furnas-MG, 1971. Mapa Topográfico. (Escala 1:50.000).
- Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: FIBGE, 1992. 94 p.
- Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Santo Hilário - Folha SF-23-C-III-1**. Santo Hilário-MG, 1970. Mapa Topográfico. (Escala 1:50.000).
- Furnas Centrais Elétricas. **Usina de Furnas - 1.216 MW**. Disponível em: <<http://www.furnas.com.br/>>. Acesso em jan. 2003.
- Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. 476 p.
- Guerra, A. T.; Guerra, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 648 p.
- Guia Quatro Rodas. **Turismo ecológico no Brasil**. São Paulo: Editora Abril, 2000. 290 p.
- Hasui, Y.; Costa, J. B. S. **Zonas e cinturões de cisalhamento**. Belém: Editora Universitária da UFPA, 1990. 144p.
- Hasui, Y.; Miotto, J. A. **Geologia estrutural aplicada**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Indústrias Votorantim, 1992. 459 p.
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. **Revista Parques Nacionais: apresentação**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/revista/home.htm>>. Acesso em mar. 2003.
- Instituto Brasileiro de Turismo - EMBRATUR. **Diretrizes para uma política nacional de ecoturismo**. Brasília – DF, 1994.
- Instituto Brasileiro de Turismo – EMBRATUR, Instituto de Ecoturismo do Brasil - IEB. **Pólos de ecoturismo no Brasil**. Disponível em: <<http://www.terraplanejamento.com.br/polos/norsu/index.htm>> Acesso em maio 2001.
- Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM. **Bacia do Rio Grande**. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/grande.php>>. Acesso em maio 2003.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. **Manual on-line do Spring**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/>>. Acesso em ago. 2003.
- Intersun. **Intersun com. e exp. Ltda.: a natural stones exporter from Brazil**. Disponível em:<<http://www.intersun.com.br/quartzite3.htm>>. Acesso em abr. 2003.
- Istoé. **Pólos de ecoturismo**. São Paulo: Editare/Editora Três, 2003. 98 p.
- Leinz, V. **Geologia geral**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1963. 475 p. Cap. 15: Perturbações das rochas, p. 414-440.

- Lepsch, I. F.; Belinazzi, R.; Bertolini, D.; Espíndola, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas - SP: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 176 p.
- Lepsch, I. L. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178 p.
- Lindenberg, K.; McCool, S.; Stankey G. Rethinking carrying capacity. **Annals of Tourism**. v. 24, p. 461-65, Apr., 1997.
- Magalhães, C. F.; **Diretrizes para o turismo sustentável em municípios**. São Paulo: Roca, 2002. 187 p.
- Martinelli, M.; Ribeiro, M. P. Cartografia para o turismo: símbolo ou linguagem gráfica? In: Rodrigues, A. B. org. **Turismo: desenvolvimento local**. São Paulo, Hucitec, 1997, p. 191 - 200.
- Martinelli, M. Cartografia do turismo: que cartografia é essa? In: Lemos, I. G. org. **Turismo: impactos socioambientais**. São Paulo: Hucitec, 2001. p. 297-302.
- Mather, P. M.; **Computer processing or remotely-sensed images: an introduction**. West Sussex: John Wiley & Sons, 1999. 292 p.
- Mattos, J. T. **Caracterização do comportamento geológico estrutural na região da represa de Furnas (MG) com dados de sensoriamento remoto**. São Paulo, 181p. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade de São Paulo, 1986.
- Medeiros, J. S. **Bancos de dados geográficos e redes neurais artificiais: tecnologias de apoio à gestão de território**. São Paulo. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, jul., 1999.
- Menezes, N. L. Giuliatti, A. M. Campos rupestres: paraíso botânico na Serra do Cipó. **Ciência Hoje**, v. 5, n. 25, p. 38-44, jul./ago. 1986.
- Ministério do Meio Ambiente - MMA - Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. **Programa zoneamento ecológico-econômico**. Brasília - DF: MMA/SDS/Consórcio ZEE-Brasil, 2001. 110 p.
- Moreira, M. A.; **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001. 250 p.
- Murta, S. M.; Goodey, B. **Interpretação do patrimônio para o turismo sustentado: um guia**. Belo Horizonte-MG: SEBRAE (MG), 1995. 114 p.
- National Aeronautics and Space Administration – NASA. **Earth Science Applications Directorate: MrSID Image Server**. Disponível em: <<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl>>. Acesso em Apr. 2003.
- Nimer, E. Clima. In: **Geografia do Brasil: Região Sudeste**. Rio de Janeiro: IBGE, v. 3, 1990, p. 51-89.

- Pagani, M. I.; Schiavetti, A.; Morae, M. E. B.; Torezan, F. H. As trilhas interpretativas da natureza e o ecoturismo. In: Lemos, A. I. G. (org.). **Turismo: impactos sociambientais**. São Paulo: Hucitec, 2001. p. 151-163.
- Palmieri, F.; Larach, J. O. I. Pedologia e Geomorfologia. In: Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. (orgs.) **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. Cap. 2, p. 59-122.
- Pentagon Digital Services. **Digitization and GIS development**. Disponível em: <<http://www.pentagon-india.com/digit.html>>. Acesso em Aug. 2003.
- Pelucio, A. A. **Pelucio comércio e exportação: pedras para pisos e revestimentos**, 2001. Disponível em: <<http://www.apelucio.com.br/main00.htm>>. Acesso em 05 fev. 2003.
- Pires, P. S. A dimensão conceitual do ecoturismo. **Turismo: Visão e Ação**, v. 1, n. 1, p. 75-91, 1998.
- Pires, P. S. A paisagem rural como recurso turístico. In: Rodrigues, A. B. org. **Turismo rural: práticas e perspectivas**. São Paulo: Contexto, 2001. p. 117-132.
- Redação Ação Ambiental. Entrevista a Mara Flora Lottici Krahl. **Revista Ação Ambiental**. n. 14, p. 5-7, out/nov. 2000. Editora Folha de Viçosa – MG. Bimensal.
- Ribeiro, J. F.; Sano, S. M.; Silva, J. A. Chave preliminar de identificação dos tipos fisionômicos da vegetação dos cerrados. In: Congresso Nacional de Botânica, 32, Teresina, 1981. **Anais**. Teresina - PI: Sociedade Botânica do Brasil, 1981. p. 124-133
- Rizzini, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. São Paulo: HUCITEC - EDUSP, 1979. 374 p.
- Rodrigues, A. B.; **Turismo e espaço: rumo a um conhecimento transdisciplinar**. São Paulo: Hucitec, 1997. 158 p.
- 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: EDUSP - Fapesp, 2000. Cap. 6, p. 91-99.
- Romero, R.; Nakajima, J. N. Espécies endêmicas do Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 2, p. 259-265, Out. 1999.
- Ross, J. L. S. O registro dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 6, p.17-29, 1992.
- Ruschmann, D. V. M.; **Turismo e planejamento sustentável: a proteção do meio ambiente**. Campinas - SP: Papirus, 1997. 199 p.
- Santos, A. R.; Veneziani, P.; Paradella, W. R.; Morais, M. C. **Radar aplicado ao mapeamento geológico e prospecção mineral: aplicações**. Curso realizado no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 21-26 de agosto de 2000. 103 p.
- Schobbenhaus, C.; Campos, D. A.; Derze, G. R. **Geologia do Brasil: texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais**. Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1984.

- Simões, L. S. A.; Valeriano, C. M.; Zanardo, A.; Morales, N.; Moraes, R.; Gomi, C. Y. Zonação metamórfica inversa do Grupo Araxá-Canastra na região de São Sebastião do Paraíso-Alpinópolis, MG. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 35, Belém, 1988. **Anais**. Belém: Sociedades Brasileiras de Geologia, 1988. v. 3, p. 1203-1215.
- Simões, L. S. A.; Valeriano, C. M. Porção meridional da faixa de dobramento Brasília: estágio atual do conhecimento e problemas de correlação tectono-estratigráfica. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36, Natal – RN, 1990. **Anais**. Natal: Sociedade Brasileira de Geologia – Núcleo Nordeste, 1990. v. 6, p. 2564-2575.
- Simões, L. S. A. **Evolução tectonometamórfica da nappe de Passos, sudoeste de Minas Gerais**. São Paulo, 150 p. Tese. (Doutorado em Geologia) – Universidade de São Paulo, 1995.
- Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais - SIMGE. **Monitoramento do tempo e do clima**. Disponível em: <<http://www.2xr.com.br/simge/monitoramento/index.html>>. Acesso em jun. 2003.
- Sousa, S. K. J. **Geologia e aspectos geoturísticos do município de Delfinópolis/MG**. Rio Claro, 104 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Estadual Paulista - Campus de Rio Claro, 2001.
- Suguió, K. **Geologia do quaternário e mudanças ambientais: (passado + presente = Futuro?)**. São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 1999. 366p. Cap. 6: A Neotectônica e a tectônica quaternária, p. 113-141.
- Teixeira, W.; Toledo, M. C. M.; Fairchild, T. R.; Taioli, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 558 p.
- Teixeira, W.; Toledo, M. C. M.; Fairchild, T. R.; Taioli, F. **Decifrando a Terra**. [CD ROM]. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. CD do Professor, Figuras e Tabelas.
- Toledo, M. C.; Oliveira, S. M. B; Melfi, A. J. Intemperismo e formação do solo. In: **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2001. Cap. 8, p. 140-166.
- Tricart, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE/SUPREN, 1977, 91p.
- Twidale, C. R. **Structural Landforms: landforms associated with granitic rocks, faults, and folded strata**. Sidney: Halstead Press Pty, 1971. 247 p. Cap. 6: Landforms associated with faults, p. 97-150.
- Valeriano, C. M. Evolução tectônica da extremidade meridional da faixa Brasília, região da Represa de Furnas, sudoeste de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**. Resumos de Tese. [online]. v. 23, n. 3, p. 335-336, Set. 1993. <[http://sbg.igc.usp.br/rgb/vol23\\_down/2303/2303335.pdf](http://sbg.igc.usp.br/rgb/vol23_down/2303/2303335.pdf)>. Acesso em 3 fev. 2003.
- Valeriano, C. M.; Heilbron, M.; Simões, L. S. A. Compartimentação tectônica da porção meridional da faixa Brasília nos segmentos de Araxá e da represa de Furnas, sudoeste de Minas Gerais. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 38, Balneário de Camboriú - SC, 1994. **Anais**. Camboriú: Sociedade Brasileira de Geologia, 1994. v. 1, p. 217-218.
- Valeriano, C. M.; Almeida, J. C. H.; Simões, L. S. A.; Duarte, B. P.; Roig, H. L.; Heilbron, M. Evolução estrutural do domínio externo da faixa Brasília no sudoeste de Minas

- Gerais: registros de uma tectônica pré-brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 25, n. 4, p. 221-234, Dez. 1995.
- Veneziani, P. **Análise de movimentos da tectônica rúptil e rúptil-dúctil através da interpretação de produtos de sensores remotos na região do Espinhaço Meridional (MG):** uma correlação com processos evolutivos. São Paulo. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 1987.
- Western, D. Definindo ecoturismo. In: Lindenberg, K.; Hawkings, D. E. ed. **Ecoturismo: um guia para planejamento e gestão.** São Paulo: Editora Senac – São Paulo, 1999. 2ª ed., Prefácio, p.23-29.
- Winge, M. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 29, n. 2, p. 280, Jun. 1999. Notícias.
- Winge, M.; Alvarenga, C. J. S.; Blum, M. L. B.; Pimentel, M. M.; Boggiani, P. C.; D'Ávila, R. S. F. **Glossário Geológico**, 2001. Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/glossario/>>. Acesso em 16 fev. 2003.
- Zonneveld, I. S. The Land Unit – A fundamental concept in landscape ecology, and its applications. **Landscape Ecology**, v. 3, n. 1, p. 67-86, 1989.



## APÊNDICE A - GLOSSÁRIO GEOLÓGICO

1. **Rocha:** são agregados naturais formados por um ou mais minerais (inclusive matéria orgânica ou vidro vulcânico). Dependendo da origem podem ser:
  - **Magmáticas ou ígneas** - provenientes da consolidação do magma;
  - **Sedimentares** - originadas a partir da destruição de rochas pré-existentes (de qualquer tipo), transporte e deposição ou precipitação, em ambientes de sedimentação;
  - **Metamórficas** – resultantes de modificações ocorridas em rochas ígneas e/ou sedimentares devido a mudanças das condições de temperatura e/ou pressão.
  
2. **Deformação de rochas:** é resultante do comportamento mecânico das rochas quando submetidas a esforços (*strain*). Depende da intensidade, direção dos campos e trajetórias do *strain*, temperatura, pressão, nível de profundidade, etc. As principais deformações das rochas são as fraturas e as foliações. A determinação da orientação espacial destas estruturas chama-se medida de atitude, que consiste em determinar, com o uso da bússola, a direção dos planos definidos por tais estruturas, em relação ao Norte Geográfico e o caimento (mergulho) em função do plano da superfície terrestre.
  
3. **Principais tipos de deformações:** as deformações, em função dos fatores mencionados, podem ser de natureza frágil até dúctil.
  - Frágil (rúptil): quando prevalecem processos de fraturamento.
  - Frágil-dúctil: quando os processos de fraturamento predominam sobre as deformações plásticas.
  - Dúctil-frágil: a deformação plástica predomina em relação ao fraturamento.
  - Dúctil: quando prevalece o fluxo plástico.

Resultantes destes processos originam-se as seguintes estruturas geológicas:

3.1 - **Fraturas**: são rompimentos ao longo dos corpos rochosos. Podem apresentar dimensões desde submilimétricas (microfissuramento) até centenas de quilômetros (geossuturas). Quando não ocorrem deslocamentos mensuráveis entre os blocos divididos pelas fraturas, estas são denominadas de **juntas** ou **diáclases**. Quando se observa o deslocamento, são denominados de **falhas**. Os tipos mais comuns de falhas são:

- 1 – Normais ou de gravidade: quando em relação á superfície terrestre um bloco é alçado e o adjacente é rebaixado;
- 2 – Inversas, de empurrão ou cavalgamento: quando um bloco movimentase sobre o outro; e,
- 3 – Transcorrentes: quando há deslocamento lateral.

As falhas podem ser consideradas como **zonas de cisalhamento rúptil**. De um modo geral, as fraturas são típicas de zonas crustais superiores predominando no intervalo de 1 a 4 km de profundidade.

3.2 – **Dobras flexurais** (*flexural folds*) – são inflexões que ocorrem em rochas que contêm feições planares, devidas ao encurtamento crustal ou quando forças não uniformes são aplicadas através de um corpo rochoso. A natureza destas dobras está ligada aos processos rúpteis a rúpteis-dúcteis.

3.3 – **Foliações**: são feições planares desenvolvidas em rochas submetidas a processos metamórfico-deformacionais como a xistosidade e o bandamento gnáissico (> 5 km de profundidade), ou a processos predominantemente deformacionais dúcteis, como as foliações miloníticas (de 10 a 15 km de profundidade), e dúcteis-rúpteis como as formações cataclásticas/clivagens de fraturas (entre 4 a 15 km de profundidade).

3.4 – **Dobras de cisalhamento** (*shear folds*) – são dobras geradas por fluxo plástico de natureza dúctil a dúctil-rúptil (> 10 a 15 km de profundidade). Desenvolvem-se nas regiões crustais onde os processos de deformação são bastante intensos e envolvem movimentações que atingem grandes profundidades. Tais movimentos podem ser, genericamente, dos seguintes tipos: transcorrentes, inversos/empurrões

e cavalgamentos. Estes últimos quando envolvem porções crustais de dezenas até centenas de quilômetros são denominados *nappes* ou *nappes de charriage*.

3.5 – **Zonas de cisalhamento:** são zonas onde ocorrem deformações devidas à movimentação entre blocos. Tais zonas podem ter espessuras desde submilimétricas até dezenas de quilômetros e extensões centimétricas até centenas de quilômetros. As de grandes extensões constituem os cinturões de cisalhamento. As deformações são de natureza desde rúpteis (falhas) até dúcteis, coaxiais ou não coaxiais. Os deslocamentos entre os blocos podem ser laterais (transcorrentes), verticais (normais ou de gravidade) e de sobreposição simples (inversos, empurrões, *nappes*) ou sobreposição combinada com movimento lateral (rampas oblíquas).

3.6 – **Cinturões orogênicos:** são regiões crustais onde ocorrem movimentações tectônicas de grande porte. O desenvolvimento destes cinturões envolve subsidência, deposição, metamorfismo, dobramento, cisalhamento e intrusões de um modo geral. O resultado final, do ponto de vista fisiográfico, é a formação de cadeias de montanhas, fenômeno este denominado de **orogênese**. Em resumo, nos cinturões orogênicos são formadas as estruturas geológicas e desenvolvem-se os tipos de rochas mencionados nos itens precedentes. Teoricamente podem estar geneticamente ligados a **zonas de subducção**, que são locais da crosta terrestre onde placas oceânicas convergem sob as placas continentais, por exemplo.

3.7 – **Horst e Grabens:** são constituídos por falhas normais ou de gravidade em zonas de cisalhamento distensivos. Podem ocorrer em margens continentais passivas ou em áreas **interiores dos continentes**.

4. **Crátons:** são grandes áreas continentais que há mais de 500 milhões de anos (no caso brasileiro) não sofreram deformações de origem compressiva significativas, relacionadas ao desenvolvimento de cinturões orogênicos e/ou ao desenvolvimento de cinturões de cisalhamento.
5. **Faixa de Dobramento:** faixa de extensão de centenas de quilômetros onde predominam rochas dobradas.

6. **Eventos tectônicos.** **Tectônica** é um ramo das ciências geológicas que estuda a cinemática responsável pela reorganização da estrutura terrestre, isto é, estuda os movimentos e deslocamentos de corpos rochosos em cinturões orogenéticos, zonas de cisalhamento, movimentação de placas, etc.
  
7. ***Greenstone-belts***: representam faixas ou cinturões de xistos verdes constituídos por anfibolitos, clorita xistos, metabasitos, serpentinitos, komatiitos, metapiroxenito, metavulcânicas ácidas e intermediárias e metassedimentos.

## APÊNDICE B - MAPAS

### B.1 - MAPA DO CIRCUITO GERAL

### B.2 - MAPAS DOS CIRCUITOS

Circuito 1 – Paraíso Perdido e Paraíso Proibido

Circuito 2 – Cachoeiras da Cascata, Cânions e Lagoa Azul

Circuito 3 – Fecho da Serra e Trilha do Sol

Circuito 4 – Sítio Primavera e Grotão

Circuito 5 – Circuito do Funil

Circuito 6 – Cachoeiras da Água Limpa e Macaúbas

Circuito 7 – Cachoeiras da Mata Velha, Cachoeira do Issara e Serra da Grota Feia

Circuito 8 – Escarpas do Lago e Cachoeira do Lobo

### B.3 - MAPAS TEMÁTICOS

Mapa Geológico

Mapa Geomorfológico

Mapa Pedológico

Mapa de cobertura vegetal e uso da terra