

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Campus de Rio Claro

ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DA RESERVA BIOLÓGICA DO  
JARU E ZONA DE AMORTECIMENTO – RO, COMO SUBSÍDIO AO  
SEU PLANO DE MANEJO

Eloiza Elena Della Justina

Orientador: Prof. Dr. Juércio Tavares de Mattos

Tese de Doutorado apresentado junto ao  
Programa de Pós-Graduação em Geociências  
e Meio Ambiente, para obtenção do título de  
doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Rio Claro (SP)

2009

551.4+ Della Justina, Eloiza Elena  
D357z Zoneamento geoambiental da zona de amortecimento da  
reserva biológica do Jaru-RO, como subsídios ao seu plano de  
manejo / Eloiza Elena Della Justina. – Rio Claro : [s.n.], 2009  
225 f. : il., figs., mapas

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto  
de Geociências e Ciências Exatas  
Orientador: Juércio Tavares de Mattos

1. Geografia física – Aspectos ambientais. 2. Suscetibilidade  
natural. I. Título.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Juércio Tavares de Mattos (UNESP)  
(Orientador)

Prof. Dr. Jairo Roberto Jiménez-Rueda (UNESP)

Prof. Dr. Sergio dos Anjos F. Pinto (UNESP)

Profa. Dra. Maria Madalena Ferreira (UFRO)

Prof. Dr. Luiz Eduardo de Oliveira (UNESP- Campus Guaratinguetá)

Eloiza Elena Della Justina

---

aluna

Resultado: APROVADA

Rio Claro, 18 de junho de 2009.

**Aos meus filhos  
Leonardo, Alvaro e Eduardo e  
aos meus pais,  
Enedino (*in memorian*) e Lúcia Maria.**

## AGRADECIMENTOS

A todos que tornaram este momento solitário em solidário e bem vivido:

Ao orientador, professor Dr. Juércio Tavares de Mattos, pelo conhecimento repassado com alegria, amizade, paciência, confiança e firmeza, características dos grandes mestres. Também pelo espaço dividido. Tenha certeza professor, que levo comigo ótimas lembranças desse tempo de convivência, de compartilhamento. Todos que tivemos o privilégio de sua companhia saímos diferentes nesse processo.

Ao orientador, professor Dr. Carlos Nóbrega (*in memorian*), pelo carinho da acolhida, tranqüilidade e confiança demonstrada. Ficou o exemplo de um grande mestre a ser seguido.

Ao professor Jairo Jiménez-Rueda pela generosidade, apoio e sugestões, e também pela orientação por ocasião da perda do orientador, Dr. Carlos Nobrega. Sua doação à ciência me anima.

Aos professores Norberto Morales e Gilda Carneiro pelas contribuições e amizade.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, IGCE, UNESP, Rio Claro, por todo apoio concedido.

À Universidade Federal de Rondônia e aos colegas do Departamento de Geografia, pelo apoio.

À CAPES pelo apoio financeiro.

Ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente, nas pessoas dos grandes parceiros: Nanci Rodrigues, Célia Lontra, Moacir Arruda e Noberta Benarrosh, que ao fazerem um convite pela confiança no trabalho, me proporcionaram o conhecimento da área, objeto desse estudo. Espero corresponder à altura.

Ao Luiz Sérgio F. Martins, Coordenador do Plano de Manejo da Rebio Jaru, pelo apoio amplo, interação, motivação, respeito e amizade.

À Lilian Hangae (DIREC/IBAMA), à Rafaela Damico (PNCA/ICMBio), Izabel Cordeiro (NEA/IBAMA) e à equipe de pesquisadores que comigo vivenciaram calos,

carrapatos e cansaço, que se dissolvia pela alegria, reciprocidade e compartilhamento das descobertas. Dizem que os mestres das artes fazem pouca distinção entre seu trabalho e seu lazer, e deixam para os outros julgarem se estão trabalhando ou se divertindo...

À minha família, ao que se foi e ao que se é. Pelas perdas do caminho, às resultantes do livre arbítrio e àquelas que fazem parte do Plano Maior. Aos meus filhos que se tornaram homens neste tempo de ausências, por caminharmos sempre juntos, com amor e compreensão. Ao meu pai, Enedino (*in memoriam*), e minha mãe, Lúcia Maria, pelo exemplo e por tudo. Dedico à vocês esta tese.

Ao Eliomar Filho, irmão por afinidade e companheiro de tantas discussões, pela amizade incondicional e carinho nessa trajetória.

A professora Maria Madalena Ferreira, pelas correções, sugestões e amizade.

A Claudete Pereira, pela feliz convivência, alegria e generosidade no compartilhamento de sua morada em Guaratinguetá.

Aos amigos reunidos no percurso, aos colegas do doutorado, aos que dividiram a salinha do prof. Jairo, aos professores e técnicos do PPG da UNESP de Rio Claro e da UNESP de Guaratinguetá, às secretárias, aos bolsistas do Prof. Juércio, pela convivência e trocas.

Ao Mauricio Silva, pelas bases cartográficas via SIPAM e sugestões. Ao Mauro do Nascimento por me incentivar no uso do Global Mapper.

Ao Charles Barata pelo geoprocessamento e finalização dos mapas e também pela dedicação, paciência, amizade, incentivo e apoio.

À secretária do meu lar, Maria Madalena Francisco, que assumiu múltiplas funções junto dos meus filhos nos momentos de ausências.

Aos amores, amigos e irmãos de outras vivências e convivências, pela palavra edificante, abraço fraterno, amor, carinho e boas energias. Não preciso nomeá-los, a gente se reconhece...

## EPÍGRAFE

*O Deus átomo repousa nas rochas,  
Cresce nas plantas,  
Anda nos animais,  
Pensa nos homens,  
Ama nos anjos...  
Por isso, respeite:  
As rochas como se fossem plantas,  
As plantas como se fossem animais,  
Os animais como se fossem homens e  
Os homens como se fossem anjos.*

Inscrição Rupestre no Tibete

## RESUMO

Esse estudo foi realizado na Reserva Biológica do Jarú (RO) e Zona de Amortecimento, localizada na porção sudoeste da Amazônia e é o resultado de uma reunião de metodologias já desenvolvidas para definir zonas de maior suscetibilidade natural a erosão, pelo Zoneamento Geoambiental em áreas no entorno de Unidades de Conservação. A partir do Zoneamento pode-se criar uma sistemática de tomada de decisão quanto ao uso do meio físico, quando se visa o planejamento ambiental de extensão regional. Utilizando Imagens SRTM (RADAR) em composição colorida, explorou-se sua principal característica de imageamento, que é a rugosidade do terreno, procedeu-se o Mapeamento Geoambiental da área. Assim pode se realizar a interpretação dos atributos espaciais da imagem, pela identificação e análise de elementos texturais: de relevo, de drenagem, para a individualização das Unidades Básicas de Compartimentação - UBC's. Após a delimitação das UBC's foram feitas a análise de suas propriedades como: alterabilidade (resistência a erosão), permeabilidade, tropia, assimetria e plasticidade/ruptibilidade. Pela equivalência entre as propriedades das UBC's definiu-se as Unidades Geoambientais – UGA's da área. Concomitantemente ao mapeamento geoambiental realizou-se uma análise morfoestrutural utilizando-se de elementos da rede de drenagem sobreposta à imagem SRTM. A drenagem foi analisada em sua densidade e frequência de formas consideradas anômalas (anelares, radiais, de assimetria e alinhamentos). Como resultado obteve-se mapa com os dados morfoestruturais (altos e baixos estruturais). A análise das descontinuidades estruturais foi realizada a partir do mapeamento das feições lineares de drenagem e dos alinhamentos de drenagem interpretados como traços de juntas e lineamentos estruturais, respectivamente. Os traços de juntas foram interpretados a partir de dois máximos e nesses estabeleceu-se zonas de variação de máximos. Os lineamentos estruturais foram analisados em sua frequência e direções principais (dentro de um elipsóide de deformação). A integração das unidades geoambientais associadas às estruturas analisadas permitiu indicar com segurança sobre as adequabilidades e/ou limitações dos terrenos frente a uma determinada forma de uso. Nesta integração, classificou-se as áreas pela capacidade de uso (potencial de desenvolvimento, vulnerabilidade e proteção ambiental) em função da suscetibilidade natural aos processo erosivos.

**Palavras-chave:** Suscetibilidade Natural, Zoneamento Geoambiental, Zona de Amortecimento da Reserva Biológica do Jarú



## ABSTRACT

This study was conducted in area of the Biological Reserve of Jaru (RO), and Damping Zone localized in the southeast of the Amazonia, and is the result of a gathering of methodologies already developed to define áreas of highest susceptibility to natural erosion , the Geoenvironmental I Zoning in the surrounding áreas of Conservation Units. From the zoning you can create a systematic decision-making regarding the use of physical environment, when it seeks the extension of regional environmental planning. Using SRTM images (RADAR) in color composition, its main feature of imaging were explored, which is the roughness of the terrain, preceded the mapping Geoenvironmental. Enablement the interpretation spatial attributes of the image, the identification and analysis of textural elements: relief, drainage and the individualization Basic Compartment Unity - UBC's. After the division of UBC's were made the analysis of the properties as alterability (resistance to erosion), permeability, direction, asymmetry and plasticity / ruptibility. For the equivalence between the properties of UBCs defined the Geoenvironmental Units - UGAs. At the mapping Geoenvironmental, morph-structural analysis were realized using the elements of the drainage network over SRTM image. The drainage was analyzed in its density and frequency of forms considered anomalous (ringed, radial, alignments and asymmetry). As a result, a map with the morph-structures data (high and low structure) was obtained. The analysis of structural discontinuities was performed from the mapping of linear features and alignments of drainage interpreted as traces of joints and structural lineaments, respectively. Traces of joints were interpreted from two tops e then maximum variation zones were established. The structural alignments were analyzed by its frequency and main directions (within a deformation ellipsoid) the Geoenvironmental Units integration with the association of analyzes structures allowed to indicate, securely, about the adequacies and/or limitations of the terrains face a certain way of use. in this integration, áreas with use availability were classified (development potential, vulnerability and environmental protection) in function of natural susceptibility to erosive process.

**Keywords:** Susceptibility Natural, Zoning Geoenvironmental, Zone Damping of the Biological Reserve of Jaru

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Fluxograma da execução do Zoneamento Geoambiental da Reserva Biológica do Jarú e Zona de Amortecimento .....	29
Figura 2.1 – Conformação de altos estruturais (estrutura dômica) e baixos estruturais (depressão estrutural).....	34
Fonte: modificado de Ibanez (2006).....	34
Figura 2.2 - Modelo de alto estrutural (domo) conforme adaptado por Miranda (1994) modificado por Ibanez (2006) .....	35
Figura 2.3 – Abordagem do Plano de Manejo de Unidade de Conservação .....	43
Figura 2.4 - Enquadramento das zonas por níveis de intervenção .....	44
Figura 2.5 - Visão Geral do Processo de Planejamento de Unidade de Conservação .....	45
Figura 3.2 – Área da Reserva Biológica do Jarú .....	49
Figura 3.3 – Mapa de Localização da Reserva Biológica do Jarú e Zona de Amortecimento .....	51
Figura 3.4 – Carta Imagem com o Uso da Terra na Zona de Amortecimento da Reserva Biológica do Jarú .....	53
Figura 3.5 - Balanço hídrico da Zona de Amortecimento da Reserva Biológica do Jarú .....	55
Figura 3.6 - Totais mensais de precipitação nos sítios de pastagem X floresta (Rebio).....	56
Figura 3.7 – Geologia da Zona de Amortecimento da Reserva Biológica do Jarú.....	59
Figura 3.8 – Rochas do Complexo Jamari .....	61
Figura 3.9 – Rochas Graníticas do Suíte Intrusiva São Romão .....	62
Figura 3.10 – Rochas do grupo Roosevelt .....	63
Figura 3.11 – Evolução geológica da Serra da Providência localizada no centro-sul da área de estudo.....	65
Figura 3.12 - Suíte Intrusiva Serra da Providência.....	66
Figura 3.13 – Rochas do Grupo Palmeiral (Prosperança).....	68
Figura 3.14 – Rochas da Suíte Intrusiva de Rondônia .....	69
Figura 3.15 a, b, c, d, e f – Seqüência sedimentar do rio Ji-paraná.....	71

Figura 3.16 - Megalineamentos regionais do Estado de Rondônia .....	74
Figura 3.17 - Mapa de Unidades Geomorfológicas da Reserva Biológica do Jaru e Zona de Amortecimento.....	79
Figura 3.18 - Mapa de Solos da Zona de Amortecimento da Rebio Jaru .....	84
Figura 3.19 - Mapa de Vegetação da Zona de Amortecimento da Rebio Jaru .....	89
Figura 3.20 – Mapa da Rede Hidrográfica da Reserva do Jaru e Zona de Amortecimento ..	91
Figura 3.21 – Mapa Hipsométrico da Reserva do Jaru e Zona de Amortecimento.....	92
Figuras 3.22 a e b - Área de Corredeiras e ilhas no rio Ji-paraná na área da ZA da Rebio Jaru .....	93
Figuras 3.23 a e b - Confluência do rio Machadinho no rio Ji-paraná e cachoeira São Vicente .....	93
Figuras 3.24 a e b - Trecho do rio Tarumã e cachoeira da Liberdade.....	94
Figura 3.25 – Mapa de Bacias Hidrográficas da Reserva do Jaru e Zona de Amortecimento .....	96
Figuras 3.26 a e b - Rio Madeirinha – nascentes no Mato Grosso e próximo a confluência no Rio Roosevelt, no Amazonas.....	97
Figura 4.1 a e b – Figuras comparativas: rede de drenagem da carta do IBGE e rede de drenagem adensada utilizando DEM/SRTM .....	105
Figura 4.2 a – Traçado dos padrões básicos e modificados de formas de rede de drenagem e seu significado segundo Howard (1967). .....	108
Figura 4.2 b – Traçado dos padrões básicos e modificados de formas de rede de drenagem e seu significado segundo Howard (1967). .....	109
Figura 4.3 - Anomalias de rede de drenagem .....	110
Figura 4.4 – Exemplificação da marcação de anomalias de drenagem para a construção das linhas de contorno do mapa de morfoestruturas .....	112
Figura 4.6 – Modelo tensor compressivo $\sigma_1$ .....	115
Figura 5.1 – Mapa de Drenagem Adensada a partir do Modelo de Elevação Digital SRTM da Reserva Biológica do Jaru e Zona de Amortecimento .....	120
Figura 5.2 – Interferências na rede de drenagem geradas a partir da extração .....	121
Figura 5.3- Densidade de Drenagem da Reserva Biológica do Jaru e Zona de Amortecimento.....	124

Figura 5.4 – Padrão de forma de drenagem regional - paralelismo entre os cursos dos rios Machadinho, Ji-paraná (RO) e Madeirinha (MT).....	126
Figura 5.5 - Rio Ji-paraná no setor NNW da ZA.....	127
Figura 5.6 – Curso central do Rio Madeirinha, (sub-bacia rio das Rosas).....	127
Figura 5.7 - Rio Madeirinha no Setor norte da ZA.....	128
Figura 5.8 – Sub-bacia dos Veados/ Madeirinha.....	128
Figura 5.9 – Interflúvio Rio Machadinho / Ji-paraná .....	129
Figura 5.11 – Rio Ji-paraná, Boca do Jaru.....	130
Figura 5.12 – Setor Sul – sub-bacia do Igarapé Lourdes, na Serra da Providência .....	130
Figura 5.13 - na serra da Prata .....	131
Figura 5.13 – Representação de altos e baixos estruturais em subsuperfície .....	132
Figura 5.14 – Marcação das linhas de contorno sobre anomalia de drenagem para demarcação de altos e baixos estruturais .....	134
Figura 5.15 – Sobreposição das linhas de contorno sobre a imagem SRTM para delimitação de altos e baixos morfométricos .....	134
5.16 - Mapa de Contorno Morfoestrutural não cotado com Altos e Baixos Estruturais e Topográficos.....	136
Figura 5.17 a,b,c e d - Alto estrutural/ AltoTopográfico sub-bacia do Jatuarana - Madeirinha (AM) Relevos Tabulares sobre a Formação Palmeiral, com lajedos e morros residuais ....	141
Figura 5.18 a,b,c e d - Alto Estrutural e Baixo Topográfico nas nascentes do rio Soledade – Madeirinha (MT) .....	142
Figura 5.19 a e b - Baixo estrutural e baixo topográfico da confluência do Tarumã no rio Ji-Paraná (paleo-leito de rio).....	143
Figura 5.20 a,b,c e d - Alto Estrutural e Baixo Topográfico na Planície do rio Tarumã, no centro da Rebio Jaru (RO); .....	144
Figura 5.21 a e b - Baixo Estrutural e Alto Topográfico em relevo monoclinal (hog back) - Serra da Providência. ....	144
Figura 5.22 a e b - Alto estrutural e Alto topográfico da serra da Prata – RO.....	145
Figura 5.23 a e b - Baixo Estrutural e Alto Topográfico em relevo de agrupamento de morros e colinas á leste da Serra da Providência. ....	145

Baixo estrutural muito fraturado com trend na direção NW40-60. ....	145
Figura 5.24 a, b, c e d - Baixo Estrutural na desembocadura do rio Jaru no Ji-paraná.....	146
b) Baixo Estrutural /Baixo topográfico povoado de buritizais; c) alto topográfico na serrinha d) O solo muito argiloso forma barreiros com acúmulo de sais, muito procurado pelos animais silvestres. Trends NS em toda área. ....	146
Figura 5.25 – Mapa de traços de juntas extraídas da rede de drenagem adensada . ....	149
Figura 5.26 – Principais direções de traços de juntas . ....	149
Figura 5.27 – Mapa de Zonas de Variação de Máximos 1 e Eixos.....	150
Figura 5.28 - Mapa de Zonas de Variação de Máximo 2 e Eixos. ....	150
Figura 5.29 – Representação do mapa de zona de variação de máximos 1 e 2 e eixos ....	152
Figura 5.30 – Diagrama com percentuais das principais direções dos lineamentos estruturais da Rebio Jaru e Zona de Amortecimento.....	156
Figura 5.31 – Representação dos lineamentos estruturais da ZA sobre a imagem SRTM. ....	157
Figura 5.32 – Mapa de direções de lineamentos estruturais da ZA.....	157
Figura 5.33a - Elipsóide de deformação (conjugado de Riedel) Zona de cisalhamento sinistral .....	159
Figura 5.34 – a) Sistema Sinistral NS; b) Sistema Destral NS .....	161
Figura 5.35 – a) Sistema EW Sinistral (N80E) e b) Sistema Destral EW (N80E).....	161
Figura 5.36 – a) Sistema Sinistral (N60W) e b) Sistema Destral N50E .....	162
Figura 5.37 – a) Sistema Sinistral N60W e b) Sistema Destral N60W.....	162
Figura 5.38 – a) Sistema Sinistral N30W e b) Sistema Destral N30W.....	163
Figura 5.39 – a) Sistema Sinistral N30E e b) Sistema Destral N30E.....	163
Figura 5.40 - Altos estruturais localizados no eixo de máxima compressão do sigma 1 do sistema NS sinistral .....	166
Figura 5.41 – Mapa de Isovalores de Densidade de Lineamentos Estruturais .....	168
Figura 5.42 – Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação – UBC´s.....	174
Figura 5,44 a – Características da paisagem na Unidade 1- baixa suscetibilidade natural e; b - erosão linear em Argissolos.....	182
Figura 5.55 a e b - Características da paisagem na Unidade 2.....	183

a- Superfícies de aplanamento com corte raso no Vale do Anari (RO); b - .....	183
Figura 5.56 a e b - Características da paisagem na Unidade 3 .....	185
a e b – Morros e colinas no entorno da Serra da Providência (Grupo Roosevelt) .....	185
Figura 5.57 a e b - Características da paisagem na Unidade 3: morros com controle estrutural e solos erosivos (Formação Palmeiral) .....	186
Figura 5.58 a e b – Características da paisagem na Unidade 4 - Áreas de declividade acentuada - Serra do Monte Cristo .....	188
Figura 5.59 a e b - Características da paisagem na Unidade 5: a- terraços fluviais relacionados à alto estrutural no rio Jí-paraná e; b - baixo estrutural e topográfico no rio Ji- paraná – áreas inundáveis.....	190
Figura 6.1 - Mapa de Integração das Áreas de Fragilidades Naturais resultantes da Análise Morfoestrutural.....	192
Figura 6.2 - Zonas de Fragilidades Naturais pela análise Fisiográfica .....	200
6.3 - Mapa do Zoneamento Geoambiental da Zona de Amortecimento da Reserva biológica do Jarú .....	201
Figura 6.4 - Mapa de Fragilidades Naturais Indicadas para a Proteção Ambiental na Zona de Amortecimento da Reserva Biológica do Jarú.....	206

## LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 - Caracterização das Unidades Fisionômicas da Reserva Biológica do Jaru e Zona de Amortecimento.....	98
Quadro 5.1 - Classificação das Zonas de variação de máximos quanto a Erodibilidade ....	151
Quadro 5.2 - Lineamentos regionais e direções.....	155
Quadro 5.3 – Principais direções dos lineamentos estruturais da ZA Rebio Jaru.....	158
Quadro 5.4 – Características das zonas de cisalhamento no conjugado de Riedel .....	159
Quadro 5.5 – Orientação dos eixos do sigma 1 nos sistemas transcorrentes .....	164
Quadro 5.4 – Características da permeabilidade .....	176
Quadro 5.6 – Características da alterabilidade .....	176
Quadro 5.7 – Características da ruptibilidade .....	177
Quadro 5.8 – Características da tropia .....	177
Quadro 5.9 – Características da assimetria de relevo.....	178
Quadro 5.10 - Identificação das UBC's e Propriedades Analisadas Referentes a Permeabilidade, Resistência, Fraturamento, Orientação e Simetria de Relevo e Drenagem .....	180

## LISTA DE SIGLAS

CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
FUNAI	Fundação Nacional do Índio
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PARNA	Parque Nacional
PNCA	Parque Nacional dos Campos Amazônicos
SIG	Sistema de Informações Geográficas
TI	Terra Indígena
UC	Unidade de Conservação
UICN	União Internacional para a Conservação da Natureza
ZA	Zona de Amortecimento
RADAMBRASIL	Projeto Radar na Amazônia Brasileira. Parte do Plano de Integração Nacional do Governo Federal, na década de 70
LBA	Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
SEDAM	Secretaria de Desenvolvimento Ambiental
PLANAFLORO	Plano Agroflorestal de Rondônia
SIPAM	Sistema de Proteção da Amazônia



## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>8</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>9</b>
<b>INDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>10</b>
<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>15</b>
<b>LISTA DE SIGLAS.....</b>	<b>16</b>
<b>SUMÁRIO .....</b>	<b>17</b>
<b>1– INTRODUÇÃO .....</b>	<b>22</b>
1.1 – APRESENTAÇÃO DA TESE.....	28
<b>2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>30</b>
2.1 – PRINCÍPIOS DE ZONEAMENTO AMBIENTAL .....	30
2.2 - ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL.....	32
2.2.1 - ANÁLISE MORFOESTRUTURAL .....	32
2.2.1.1 - Análise de deformações dúcteis .....	33
2.2.1.2 – Análise de deformações rúpteis – Lineamentos estruturais e traços de juntas           37	
2.2.2 - ANÁLISE FISIAGRÁFICA.....	38
2.3 – PRINCÍPIOS DE GESTÃO AMBIENTAL E ZONEAMENTOS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E SEU ENTORNO .....	41

<b>3 - CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>48</b>
3.1- APRESENTAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	48
3.2 - ASPECTOS SÓCIO-AMBIENTAIS DA ÁREA DE ESTUDO.....	52
3.2.1 – USO DA TERRA NA ZONA DE AMORTECIMENTO DA RESERVA BIOLÓGICA DO JARU.....	52
3.2.2 – ASPÉCTOS CLIMÁTICOS.....	54
3.2.2.1 - Balanço Hídrico.....	54
3.2.3 – ASPÉCTOS GEOLÓGICOS.....	58
3.2.3.1 – Descrição da Litoestratigrafia da Área.....	60
3.2.3.2 - Tectônica e Coberturas Neogênicas na Região.....	72
3.2.3 – ASPÉCTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	75
3.2.3.1 – Organização Fisiográfica da Área.....	75
3.2.4 – ASPÉCTOS PEDOLÓGICOS.....	80
3.2.4 – ASPÉCTOS DA COBERTURA VEGETAL.....	86
3.2.5 – ORGANIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM.....	90
3.2.5.1 - Bacia do Rio Ji-paraná.....	90
3.2.5.2 - Bacia do Rio Madeirinha.....	95
<b>4 - MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>99</b>
4.1- MATERIAIS.....	99
4.2 - MÉTODOS.....	101

4.2.1- LEVANTAMENTO DE CAMPO.....	101
4.2.2 - USO DE DADOS DA SRTM.....	102
4.2.3- ANÁLISE MORFOESTRUTURAL.....	103
4.2.3.1 - Análise da rede de drenagem .....	103
4.2.3.2 – Adensamento da rede de drenagem com a extensão Hydrology Modeling do ArcGis.....	105
4.2.3.3 – Densidade de Drenagem.....	107
4.2.3.4 – Padrões de formas da rede de drenagem .....	107
4.2.4- ANÁLISE DAS MORFOESTRUTURAS DÚCTEIS.....	111
4.2.5 – ANÁLISE E MAPEAMENTO DA MORFOESTRUTURA RÚPTIL.....	113
4.2.5.1 – Elaboração do Mapa de Traços de Juntas .....	113
4.2.5.2 – Elaboração do Mapa de Lineamentos Estruturais .....	114
4.2.5.3 - Determinação dos principais sistemas de cisalhamento e zonas de máxima compressão.....	114
4.2.5.4 – Delimitação de zonas de isovalores de densidade de frequência de lineamentos estruturais .....	115
4.2.6 – ANÁLISE FISIAGRÁFICA .....	116
4.2.6.2 - Mapeamento de Unidades Geoambientais (UGA's).....	116
4.2.7 - INTEGRAÇÃO DOS DADOS .....	117
4.2.8 – ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	118
4.2.9 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	118

<b>5 – RESULTADOS.....</b>	<b>119</b>
5.1 – ANÁLISE MORFOESTRUTURAL.....	119
5.1.1- A ANÁLISE DA REDE DE DRENAGEM .....	119
5.1.1.1 – Análise do adensamento da rede de drenagem com dados da SRTM (DEMSRTM).....	119
5.1.1.2 - Análise da densidade de drenagem a área.....	121
5.1.1.3 – Análise dos padrões de formas da rede de drenagem.....	125
5.2 – ANÁLISE MORFOESTRUTURAL (DÚCTIL).....	132
5.2.1 – ANÁLISE DAS MORFOESTRUTURAS DÚCTEIS E EIXOS DIRECIONAIS .....	135
5.2.1.2 – Análise das áreas de altos e baixos estruturais e morfométricos .....	137
5.3 – ANÁLISE DA MORFOESTRUTURA RÚPTIL .....	147
5.3.1 - TRAÇOS DE JUNTAS .....	147
5.3.2 - ANÁLISE DOS LINEAMENTOS ESTRUTURAIS .....	154
5.3.2.1- Extração dos Lineamentos Estruturais com a SRTM.....	155
5.3.2.2 – Principais Direções dos Lineamentos Estruturais .....	156
No processo de extração foram delineados 372 lineamentos estruturais sobre o overlay sobreposto à Imagem SRTM (figura 5.31), que foram classificados por suas direções no software Global Mapper, conforme visualizados na figura 5.32.....	156
5.3.2.3 - Determinação dos principais sistemas de cisalhamento .....	158
5.3.2.5 – Densidade de frequência de lineamentos estruturais.....	167
5.4 - ANÁLISE FISIAGRÁFICA.....	172

5.4.1 – UNIDADES BÁSICAS DE COMPARTIMENTAÇÃO .....	172
5.4.3 MAPEAMENTO DE UNIDADES GEOAMBIENTAIS (UGA'S).....	178
<b>6 - INTEGRAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS .....</b>	<b>191</b>
6.1 - ANÁLISE INTEGRADA DOS DADOS DA ANÁLISE MORFOESTRUTURAL.....	193
6.1.1 - ANÁLISE DA DENSIDADE DE DRENAGEM.....	193
6.1.1 - ANÁLISE DAS MORFOESTRUTURAS DÚCTEIS (ALTOS E BAIXOS ESTRUTURAIS).....	194
6.1.2 - ANÁLISE DA VARIAÇÃO DE MÁXIMOS 1 E 2 DE TRAÇOS DE JUNTAS.	195
6.1.3 - ANÁLISE DA DENSIDADE DE LINEAMENTOS.....	197
6.1.4 - EIXO DE MÁXIMA COMPRESSÃO (SIGMA 1 ENTRE N30W) DO SISTEMA NS .....	197
6.1.5 - SOBREPOSIÇÃO DE EIXOS .....	198
6.2 – ANÁLISE DOS DADOS RESULTANTES DA ANÁLISE FISIOGRÁFICA .....	199
6.3 – ANÁLISE DAS ZONAS GEOAMBIENTAIS.....	202
6.4 - <i>Mapa de Fragilidades Naturais Indicadas para a Proteção Ambiental</i> .....	204
<b>7- CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES .....</b>	<b>207</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>211</b>

## 1– INTRODUÇÃO

Este estudo objetivou desenvolver e avaliar metodologias de Análises Morfoestrutural e Fisiográfica para definir áreas e mapear zonas de maior fragilidade ambiental (suscetibilidade natural à erosão), representativas para proteção ambiental nas áreas de entorno de Unidades de Conservação, como alternativa complementar aos estudos de Plano de Manejo e com o intuito de dar suporte à gestão ambiental regional e orientar o uso do solo na área contígua à Unidade, denominada de Zona de Amortecimento.

As análises (Fisiográfica e Morfoestrutural) estão baseadas na sistemática metodológica presentes no Zoneamento Geoambiental conforme proposto por Mattos (1989) e Jiménez-Rueda e Mattos (1992), com modificações, decorrentes da escala de estudo.

A metodologia do Zoneamento Geoambiental, conforme Jiménez-Rueda e Mattos (1992) parte de levantamento Geoambiental que consiste no exame sistemático de uma região com a finalidade de obter informações das variáveis do meio físico cuja integração leva a Análise Geoambiental e que, associada às análises Morfoestrutural e Fisiográfica permite delimitar as unidades de suscetibilidade natural à erosão e a conformação de Zonas Geoambientais. As zonas são classificadas pela suscetibilidade<sup>1</sup> natural à erosão, indicadoras da fragilidade ambiental, e apresentam as potencialidades em conformidade com a capacidade de suporte natural do meio.

A integração das zonas Geoambientais associadas às zonas de densidades de eventos morfoestruturas indicam as áreas frágeis, de suscetibilidade natural a erosão e permitem indicar com segurança sobre as adequabilidades e/ou limitações dos terrenos frente a uma determinada forma de uso. Com base nestas características, a metodologia das análises Morfoestrutural e Geoambiental tem sido utilizada para delimitação de áreas para deposição de resíduos sólidos, efluentes líquidos, localização de aquíferos, áreas de recargas, traçados de obras lineares,

---

<sup>1</sup> **Suscetível** - Qualquer material que supostamente não possui resistência suficiente contra um determinado agente erosivo caso venha a entrar em contato com este agente.

entre outros, contribuindo para ações de caráter técnico à proteção ambiental e ao uso social de caráter múltiplo.

Entre as características das Análises Morfoestrutural e Geoambiental está a obtenção das informações mediante a utilização de materiais e técnicas de baixo custo operacional utilizando tecnologias de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

A escolha dessa sistemática de análise, para elaboração deste estudo, se dá em decorrência da experiência da autora na elaboração de diagnósticos do meio físico para planos de manejos em Unidades de Conservação, junto ao Ministério de Meio Ambiente – MMA, onde se percebeu a necessidade de definição de fatores relativos ao meio físico que servissem como indicadores para a delimitação de áreas de maior fragilidade ambiental na Unidade e na região: a) na Unidade, para a definição das zonas de baixa intervenção e máxima proteção; b) na região da Unidade de Conservação, para a definição de áreas que devam ser protegidas (incorporadas à unidade ou proposta como nova área de proteção) e/ou estabelecidas como Zona de Amortecimento da Unidade de Conservação; c) na Zona de Amortecimento, uma vez estabelecida, para indicação do uso da terra adequado com a vocação em função da suscetibilidade natural do meio e; d) para fornecer subsídios ao planejamento e gestão da Unidade e da Zona de Amortecimento.

Este estudo teve como objeto a Reserva Biológica do Jarú e sua Zona de Amortecimento, onde recentemente foram realizados os Estudos para a Revisão do Plano de Manejo desta Unidade de Proteção Integral, no qual participamos na execução do diagnóstico do meio físico.

Pesquisas relativas ao meio físico, realizadas academicamente e direcionadas para o planejamento de áreas no entorno de Unidades de Conservação, ainda são escassas e ou restritas. Referentes aos estudos de meio físico para Planos de Manejo em UC's, estes estão incorporados dentro de Diagnósticos, como inventários com base limitada para o planejamento da área de entorno, e utilizam dados temáticos pré-existentes, complementados com estudos de campo.

Atualmente, na região amazônica estão sendo realizados os primeiros estudos para elaboração de Planos de Manejos nas áreas Protegidas, ou na etapa seguinte, revisando os mesmos. Por outro lado, o entorno das Unidades de Conservação da

região, principalmente nos Estados de Rondônia e Mato Grosso, já estão fortemente ocupadas, com elevados percentuais de desmatamento e degradação ambiental.

Considerando a velocidade com que ocorre o uso da terra na região, dentro do chamado trinômio econômico - extrativismo vegetal, exploração mineral e agropecuária – e ainda, sob a mira de projetos de construção de hidrelétricas, hidrovias, e obras lineares em geral (gasodutos, estradas, ferrovias), existe a necessidade de se elaborar estudos que subsidiem o desenvolvimento de estratégias de uso e proteção, adequadas para as áreas de amortecimento das Unidades de Conservação, com base na sua sustentabilidade ambiental, utilizando métodos confiáveis, de baixo custo operacional e que não demandem muito tempo na execução.

De acordo com o Roteiro Metodológico de Planejamento - Parque Nacional, Reserva Biológica e Estação Ecológica (IBAMA, 2002), “os estudos do meio físico denotam grande importância, não só pela caracterização dos componentes físicos da área, mas para a obtenção de dados que forneçam subsídios para o zoneamento da Unidade de Conservação e seu entorno”.

Buscando metodologias alternativas que atendam as necessidades estabelecidas pelo órgão ambiental propomos desenvolver e avaliar a metodologia do Zoneamento focando na sistemática de análise Morfoestrutural e Geoambiental conforme proposto por Jiménez-Rueda e Mattos (1992), como subsídio ao planejamento na área do entorno de Unidades de Conservação, tendo como critério o mapeamento das áreas de maior fragilidade ambiental relativas à suscetibilidade natural a erosão.

Partiu-se do pressuposto que a complementação dos estudos do meio físico, mediante identificação, mapeamento e caracterização das zonas de suscetibilidade natural, conforme proposto pela sistemática de análise Morfoestrutural e Geoambiental venha a contribuir no sentido de facilitar a tomada de decisão no planejamento do uso territorial no entorno de Áreas Protegidas, por estar baseada em métodos confiáveis.

Localizada na divisa entre os Estados de Rondônia e Mato Grosso, a Reserva Biológica do Jaru é uma das modalidades de Unidades de Conservação de proteção integral, segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC (2000) e tem como discriminante que a exploração e o aproveitamento direto dos recursos naturais são proibidos, admitindo-se apenas o aproveitamento indireto de seus



benefícios. O objetivo destas unidades é a preservação da biodiversidade e caracteriza-se pela menor interferência humana possível.

Pela Lei 9.985/2000 (art. 2º, I), Unidade de Conservação (UC) é: "espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevante, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção".

Por sua vez, a Zona de Amortecimento (ZA), conforme a Lei 9.985/2000 (Art., 2º. XVIII), é a área contígua a Unidade de Conservação, necessária para a manutenção e preservação da integridade da mesma, onde as atividades humanas estão sujeitas às normas e restrições específicas com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre as Unidades.

A Zona de Amortecimento é um espaço vital, cuja delimitação passa por critérios estabelecidos e que demandam conhecimentos ambientais específicos sobre a região do entorno da unidade, devendo levar em conta, também, os impactos resultantes da ocupação antrópica na área.

A detecção da presença de ambientes frágeis e/ou importantes no entorno e com influência direta sobre a Unidade de Conservação, constitui critério para o estabelecimento da Zona de Amortecimento ideal e para a demarcação de áreas que devam compor o sistema de áreas protegidas na região.

O IBAMA (2002), propõe limites facilmente identificáveis em campo e escolha de elementos com influência direta na Unidade de Conservação. Nesse aspecto, a Zona de Amortecimento pode, entre outros critérios, ser delimitada por bacias hidrográficas. Para áreas de grandes extensões este critério é o ideal, pois além de facilitar na localização dos limites, permite a compreensão do sistema ambiental como um todo, tornando o planejamento da área mais efetivo.

A delimitação da Zona de Amortecimento da Reserva Biológica do Jaru, aqui apresentada, foi resultante dos estudos da Revisão do Plano de Manejo desta UC e proposta pela equipe técnica multidisciplinar que realizou os estudos. Esta Zona está delimitada entre as bacias do rio Ji-paraná ou Machado, em Rondônia, e a sub-bacia do rio Madeirinha (pertencente à bacia do rio Roosevelt) no Mato Grosso e parte do Amazonas.

Ao todo, a Zona de Amortecimento proposta possui aproximadamente 1.800.000 hectares de área, com inserção parcial nos municípios de Ji-paraná, Vale

do Anari, Jaru e Machadinho em Rondônia; nos municípios de Rondolândia e Colniza no Mato Grosso e no município de Novo Aripuanã no Amazonas. Nesta área vivem cerca de 300.000 pessoas exercendo atividades de extrativismo vegetal e mineral e a agropecuária.

A Zona de Amortecimento da Reserva Biológica do Jaru é bastante representativa como área teste para o estudo proposto, por se encontrar delimitada em bacias hidrográficas cuja diversidade geoambiental se traduz em unidades fisiográficas e morfoestruturais complexas.

A aplicação da sistemática do método de Zoneamento Geoambiental pelas análises Fisiográfica e Morfoestrutural aqui desenvolvidas se constitui importante para grandes áreas florestadas na Amazônia, onde ainda existe carência de dados em escala apropriada à Gestão Ambiental (até 1:250.000).

Esta sistemática de análise foi elaborada mediante utilização da tecnologia de sensoriamento remoto e geoprocessamento, com a utilização de imagens SRTM (NASA, 2000) e de materiais cartográficos disponíveis nos institutos, empresas, e companhias de pesquisas nacionais (INPE, IBGE, SIPAM, EMBRAPA, CPRM), Secretarias Estaduais de Meio Ambiente, entre outros, associados a trabalhos de campo.

O objetivo principal desse estudo é:

- Desenvolver a sistemática de Zoneamento Geoambiental, especificamente os métodos e técnicas das Análises Fisiográfica e Morfoestrutural, para definir e mapear as áreas de fragilidade natural na área da Reserva Biológica do Jaru e em sua Zona de Amortecimento, como subsídio ao Plano de Manejo da Unidade de Conservação e orientar o uso da terra e a Gestão Ambiental em sua área contígua.

Para atingir o objetivo proposto, estabeleceram-se as seguintes metas:

- Análise do meio físico e de suas propriedades (Análise Geoambiental e Fisiográfica) e das estruturas geológicas dúcteis e rúpteis (Análise Morfoestrutural);

- Interpretação de elementos texturais de relevo e drenagem em imagem SRTM para delimitação das Unidades Geoambientais (UGA's) e principais estruturas geológicas (juntas, lineamentos estruturais e dobramentos);
- Mapeamento e classificação de áreas de fragilidade natural resultantes das Análises Fisiográfica e Morfoestrutural;
- Integração analítica e definição das Zonas Geoambientais com classificação da capacidade de suporte e indicação de áreas para proteção ambiental;
- Avaliação da sistemática de análise empregada como ferramenta de apoio aos estudos de Plano de Manejo em Unidades de Conservação e para definição de Áreas para Proteção Ambiental e de múltiplos usos no entorno destas.

Espera-se com este estudo, contribuir metodologicamente no desenvolvimento dos estudos de meio físico para Planos de Manejos em Áreas de Proteção Ambiental e para o planejamento e gestão ambiental nas Zonas de Amortecimento de Unidades de Conservação.

## 1.1 – APRESENTAÇÃO DA TESE

Este trabalho está organizado em sete capítulos, cujos conteúdos estão assim distribuídos.

O capítulo um, contextualização da pesquisa, apresenta o tema, as justificativas, os objetivos, a estrutura da tese e o fluxograma de execução.

No capítulo dois, Referencial Teórico, estão apresentados os conceitos que norteiam o desenvolvimento da sistemática do Zoneamento Geoambiental com ênfase nas Análises Fisiográfica e Morfoestrutural para a caracterização das zonas de suscetibilidade natural à erosão da Zona de Amortecimento e na Reserva Biológica do Jarú. Nele são considerados os temas Princípios de Zoneamento Ambiental, Zoneamento Geoambiental e Princípios de Gestão Ambiental e Zoneamentos em Unidades de Conservação e seu Entorno.

No capítulo três, Caracterização Geoambiental da Área de Estudo, apresenta-se a área da Reserva Biológica do Jarú e Zona de Amortecimento, no que diz respeito a características sócio-ambientais.

No capítulo quatro, Materiais e Métodos, são apresentados os materiais e métodos e técnicas utilizados nas Análises Fisiográfica e Morfoestrutural desenvolvidas na sistemática do Zoneamento Geoambiental, proposto para a Reserva Biológica do Jarú e Zona de Amortecimento.

No capítulo cinco, Resultados, são apresentados os mapas resultantes das análises fisiográfica e morfoestrutural a partir da análise e interpretação da rede de drenagem e imagens SRTM. Constam as análises da densidade e padrões de formas de drenagem, das morfoestruturas dúcteis (altos e baixos estruturais), das morfoestruturas rúpteis (zonas de variação de máximos de traços de juntas, isovalores de densidade de lineamentos estruturais e áreas de máxima compressão do  $\sigma_1$ ) e a análise fisiográfica (Unidades Geoambientais).

No capítulo seis, Análise Integradora, busca-se pela análise e integração dos mapas gerados, estabelecer um Zoneamento Geoambiental para a Reserva Biológica do Jarú e sua Zona de Amortecimento, pela indicação de zonas de fragilidade e maior suscetibilidade natural à erosão e a proposição de usos adequados.

No capítulo sete, considerações finais e conclusão, são apresentadas as considerações acerca dos resultados alcançados com a sistemática do Zoneamento Geoambiental como subsídios ao planejamento de gestão ambiental e conclusões.

Este estudo tem o seguinte fluxograma de execução (figura 1.1):

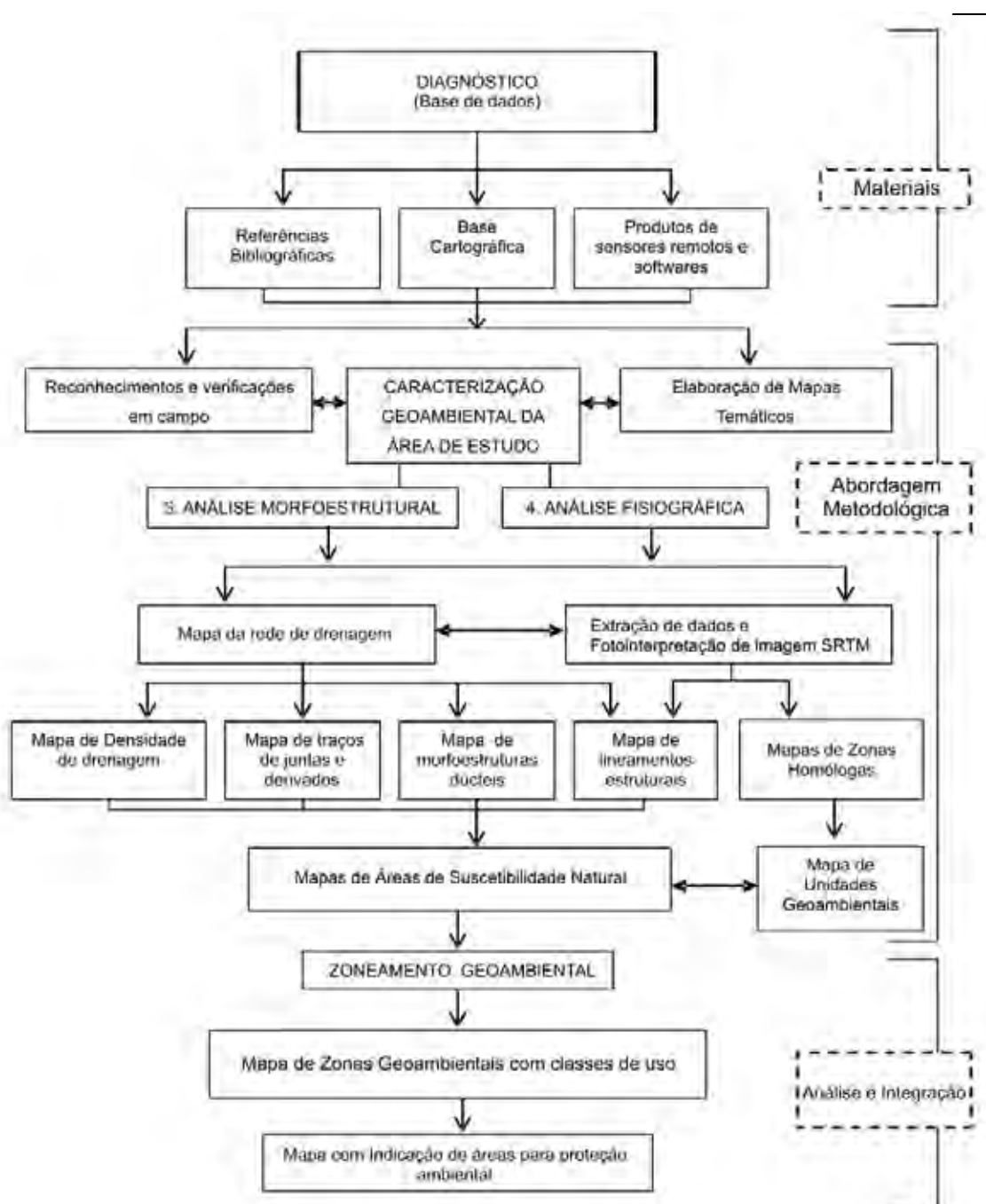


Figura 1.1 - Fluxograma da execução do Zoneamento Geoambiental da Reserva Biológica do Jarú e Zona de Amortecimento

## **2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste item são apresentados os conceitos que embasam e norteiam o desenvolvimento da sistemática metodológica de Zoneamento Geoambiental para a aplicação na Zona Amortecimento da Unidade de Conservação. Nele são considerados os temas relacionados aos objetivos propostos, tais como Princípios de Zoneamento Ambiental, Zoneamento Geoambiental e Princípios de Gestão Ambiental e Zoneamentos em Unidades de Conservação e seu Entorno.

### **2.1 – PRINCÍPIOS DE ZONEAMENTO AMBIENTAL**

Os zoneamentos são instrumentos técnicos políticos de planejamento ambiental, aplicados para disciplinar o uso do solo e dos recursos naturais de forma racional e sustentável. As informações ambientais são integradas e registradas em base geográfica, o que favorece a análise global do território e a eficácia das decisões políticas e o desenvolvimento sustentável da área onde é realizado (VEDOVELLO, 2000).

A utilização do método de Zoneamento Ambiental como instrumento de subsídio para o planejamento social, econômico e ambiental no Brasil, aparece citado na Lei 6938/81, mas este só veio a ser oficialmente criado pelo Decreto n. 96944/88 nas Diretrizes do Programa Nossa Natureza, com objetivo de ser estendido a todo o território nacional.

Pela supracitada Lei, o Zoneamento passa a ser definido como “instrumento político e técnico do planejamento, cuja finalidade última é otimizar o uso do espaço e as políticas públicas”.

O objetivo de um Zoneamento, primeira instância é realizar as divisões e classificações do espaço baseadas em fatores ecológicos, econômicos e sociais e, pelo cruzamentos destas componentes, identificar diferentes zonas (...) com sua problemática específica, que serão objetos de propostas e diretrizes. Numa segunda instância, o processo de zoneamento deverá ocorrer com uma escala maior de detalhamento, visando à organização do espaço dentro de cada unidade, com

indicação de áreas de preservação e áreas liberadas à ocupação, voltado para assegurar a eficiência produtiva dos espaços e preservar os fluxos vivos da natureza (MMA, 2006).

O Zoneamento Ambiental está conceituado como Integração sistemática e interdisciplinar da análise ambiental ao planejamento dos usos do solo, com o objetivo de definir a melhor gestão dos recursos ambientais identificados (IBGE, 2006).

O Zoneamento deve ser elaborado a partir de procedimentos metodológicos que englobem a compreensão da dinâmica do meio natural e do meio sócio-econômico e deve buscar o entendimento da funcionalidade desses ambientes (ROSS, 1994).

O conceito de zona, num Zoneamento Ambiental, reflete as limitações e potencialidades do uso sustentando dos recursos naturais. A zona possui perímetro bem definido e exprime certa uniformidade em função da distribuição de energia na superfície terrestre (BECKER E EGLER, 1996)

Nessa ótica, as proposições de zoneamento ambiental devem refletir a integração de conhecimentos (multidisciplinares) baseando-se sempre no princípio que a natureza apresenta uma funcionalidade intrínseca entre suas componentes físicas e bióticas e dessa maneira avaliar as fragilidades do ambiente. (ROSS, 2000; MMA, 2006).

## 2.2 - ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL

O Zoneamento Geoambiental conforme sistemática adotada por Jimenez-Rueda e Mattos (1989), permite estabelecer uma compartimentação do meio físico em zonas geoambientais, as quais apresentam as potencialidades e suporte do meio físico, de acordo com os condicionantes naturais, em função dos interesses socioeconômicos de uma região.

O Zoneamento Geoambiental é um instrumento técnico cujo objetivo é orientar o uso da terra em função características intrínsecas dos elementos da paisagem.

Nos estudos de elaboração de Zoneamento Geoambiental os autores citados associam métodos e técnicas da análise fisiográfica e da análise morfoestrutural dentro da visão ecodinâmica proposta por Goosen (1968) e Tricart (1977). Na visão ecodinâmica a paisagem é resultante da interação dinâmica de elementos físicos com fatores ecológicos e antrópicos, cujo método de análise e interpretação deve ser sistêmico.

### 2.2.1 - ANÁLISE MORFOESTRUTURAL

O estudo da morfoestrutura foi introduzido por Gerasimov e Mescherikov (1968) por meio de análises geomorfológicas. A análise morfoestrutural focaliza o controle estrutural exercido sobre a morfologia pelo arcabouço lito-estrutural, tais como natureza litológica, arranjos das camadas (horizontais, dobradas ou monoclinais) e rupturas crustais (falhas e zonas de cisalhamento) (LIMA, 1995).

A interpretação morfoestrutural é baseada na análise de informações básicas dos elementos de drenagem (densidade, tropia, sinuosidade e angularidade), do relevo e suas relações espaciais (JIMÉNEZ-RUEDA et al.1993).

A rede de drenagem reproduz em superfície os aspectos do relevo já arrasados e por isto é tida como o elemento importante para a localização de morfoestruturas de subsuperfície, pela configuração das formas de drenagem (CAETANO, 2006). Também constitui forte elemento para análise da suscetibilidade ambiental e da hidrodinâmica de uma região (FERREIRA, 2001).



### 2.2.1.1 - Análise de deformações dúcteis

De acordo com Bashenina et al. (1972) e Mattos (1986), os processos deformacionais sofridos pelas rochas são os responsáveis, em grande parte, pelo controle morfoestrutural do relevo, afetando as propriedades de imagem (fotográficas ou digitais) de maneiras diferentes.

A análise morfoestrutural segundo Mattos (1986) se caracteriza pela identificação dos aspectos paleogeográficos especialmente em regiões de relevo plano onde é dificultada a identificação das feições estruturais existentes como antiformes (altos estruturais) e sinformes (baixos estruturais), através da identificação das anomalias de drenagem.

Em Jiménez-Rueda, Nunes e Mattos (1993) a interpretação morfoestrutural é baseada na análise de informações básicas dos elementos de drenagem e relevo e suas relações espaciais, onde as morfoestruturas surgem como formas anômalas dentro da tendência regional. Muitas estruturas podem ser refletidas em superfície e, este reflexo, é passível de identificação com produtos de sensoriamento remoto proporcionando a interpretação pela geologia da área.

O estudo de anomalias morfoestruturais de drenagem foi abordada em Soares e Fiori (1976) e Soares et al. (1982) e tem sido empregada no Brasil, dentre outros por Beisel (1996), Berger (1994), Miranda (1994), Mattos (1986), Jiménez-Rueda et al. (1989), Torres (1998), Ferreira (2001), Morales (2005), Ibanez (2006). A análise das expressões geomórficas de estruturas dobradas levando em consideração os elementos de drenagem, a declividade e o grau de exposição dessas estruturas à erosão também são tratadas por Aghassy e Berger (1981), Berger (1994).

As anomalias de drenagem conforme definidas por Howard (1967) se apresentam como uma discordância local da rede da drenagem regional ou dos padrões de canais, sugerindo desvios topográficos ou estruturais. Nesse aspecto, são levadas em consideração as formas radiais e anelares de drenagem, para reconstituição de paisagens extremamente dissecadas e sob área de intensa cobertura vegetal.

Na reconstrução morfoestrutural, dados de atitude de camadas pela direção da rede de drenagem são necessários como guias das linhas de contorno estrutural

dessas anomalias (linhas não cotadas), conforme apresentado no método utilizado por Jiménez-Rueda e Mattos (1992). Direções divergentes da drenagem indicam antiformes e/ou domos (altos estruturais) e convergentes refletem sinformes e/ou depressões (baixos estruturais) (MATTOS 1986; JIMÉNEZ-RUEDA E MATTOS, 1992), conforme se pode visualizar na figura 2.1.



Figura 2.1 – Conformação de altos estruturais (estrutura dômica) e baixos estruturais (depressão estrutural)

Fonte: modificado de Ibanez (2006)

Indicações de anomalias de drenagem, pela conjugação de assimetrias, retilinidades de drenagem e relevo e de formas anelares e radiais, permitem inferir sobre o tipo de estrutura presente na área.

As formas anômalas radiais de drenagem também ocorrem nas morfoestruturas como reflexo de controle estrutural e podem significar fraturamento radial ou mergulho de camada, desenvolvidos em estruturas dômicas (MIRANDA 2004; IBANEZ, 2006).

Na reconstrução morfoestrutural outros elementos estruturais, como falhas, também são utilizadas. Entre as feições associadas aos falhamentos e que podem ser visualizados pela rede de drenagem estão os deslocamentos de terraços e

inflexões de rios, mudanças de padrão de drenagem, vales suspensos, ruptura de perfis de vales, rupturas de perfis de terraços fluviais, vales assimétricos e capturas de rios, (FERREIRA, 2000; MORALES, 2005).

Miranda (1984) adaptou às características da região amazônica, a metodologia proposta por Soares e Fiori (1976) e Soares et al. (1982) para a identificação de configurações anômalas na rede hidrográfica controladas por estruturas em subsuperfície. Para os autores citados, estruturas dômicas ou depressões controlam formas anelares de drenagem que estão concordantes com o acamamento sedimentar.

Ibanez (2006) utilizou informações extraídas da análise da rede de drenagem derivada de modelos de elevação do terreno gerados pela SRTM e integradas com dados geológicos e geofísicos com vistas à identificação de feições estruturais em subsuperfície que se constituiriam potenciais trapas petrolíferas, baseado em estudos de Miranda (1994).

A figura 2.2 mostra a configuração de um alto estrutural conforme modelo adaptado por Miranda (1994), onde o autor utiliza linhas de formas cotadas. Esse modelo foi utilizado por Ibanez (2006) retirando as cotas do DEMSRTM.

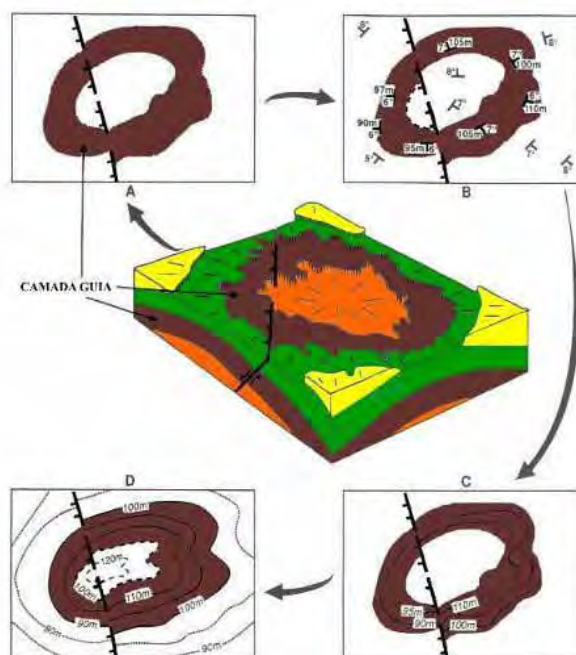


Figura 2.2 - Modelo de alto estrutural (domo) conforme adaptado por Miranda (1994) modificado por Ibanez (2006)

O procedimento é similar ao utilizado por Mattos (1982), com o diferencial que estes autores trabalham com linhas não cotadas e seguindo a simetria da rede de drenagem.

O estudo de anomalias possui natureza qualitativa e semi-quantitativa, comparando através de fatores de confiabilidade e similaridade quanto uma anomalia morfoestrutural identificada em imagens de sensoriamento remoto assemelha-se a um modelo ideal, próximo do real (IBANEZ, 2006). O autor concluiu que a análise morfoestrutural é uma ferramenta auxiliar para a exploração petrolífera em bacias sedimentares com densa cobertura vegetal, tal como a amazônica, e como indicadora de áreas com feições estruturais potencialmente favoráveis à acumulação de hidrocarbonetos.

Jiménez-Rueda e Mattos (1991) associam a análise morfoestrutural a morfometria (altos e baixos topográficos). De acordo com os autores, pela análise integrada entre a morfometria e a morfoestrutura pode-se entender a relação entre as áreas fontes de material e as áreas receptoras definindo as áreas onde prevalecem os processos de morfogênese e/ou pedogênese e graus de erodibilidade do solo.

Para Ohara (1995), o conhecimento da morfoestrutura de uma região (alto e baixo estrutural), quando integradas com outros dados temáticos, pode fornecer subsídios para estudos de recursos hídricos, proteção ambiental, se determinado local é favorável ou não para implantação de obras de engenharia, usos agrícolas, entre outras aplicações.

Ohara (1995) ressalta que, o conhecimento da morfoestrutura de uma região (alto e baixo estrutural), quando integradas com outros dados temáticos, pode fornecer subsídios para estudos de recursos hídricos, proteção ambiental, se determinado local é favorável ou não para implantação de obras de engenharia, usos agrícolas, entre outras aplicações.

A sistemática de análise morfoestrutural tem sido utilizada para definição de zonas de recarga, circulação e concentração de águas subterrâneas, além de estudos de áreas favoráveis a preservação de hidrocarbonetos a ainda, para definição do traçado de obras lineares, disposição de resíduos sólidos, vinhotos, entre outros (MATTOS et al., 1982, 1986, 1988, 1992, 2008; JIMÉNEZ-RUEDA, MATTOS e MALAGUTTI, 1989; OLIVEIRA, MATTOS E JIMÉNEZ-RUEDA et al., 1989; JIMÉNEZ-RUEDA et al., 1989, 1993, 1998, 2006; JIMÉNEZ-RUEDA E

MATTOS, 1992; CAETANO et al., 2005; SILVA E MATTOS, 2007; PUPIM, JIMÉNEZ-RUEDA e MATTOS, 2007).

#### 2.2.1.2 – Análise de deformações rúpteis – Lineamentos estruturais e traços de juntas

Vários estudos de elaboração de Zoneamentos Geoambientais associam aos métodos e as técnicas da análise fisiográfica à análise de ocorrência das deformações rúpteis representadas na superfície por lineamentos estruturais e juntas.

Os lineamentos estruturais ou falhamentos são definidos como uma feição linear, simples ou composta, continua ou descontinua da superfície terrestre, onde os blocos rochosos são separados e movimentam-se entre si (O'LEARY, LOCZY E LADEIRA, 1976) gerando falhas normais, reversas, transcorrentes ou direcionais ou como discordâncias formacionais e/ou deformacionais (FRANZONI, 2000).

As juntas são feições resultantes de fendas, fraturas e diáclases que ocorrem em rochas ígneas e metamórficas, além de planos de foliação pela xistosidade nestas últimas. Também são resultantes de planos de acamamentos em rochas sedimentares. Na gênese da junta não ocorre o deslocamento das paredes rochosas paralelamente aos planos de fratura ou se ocorreu é pouco perceptível.

Os lineamentos estruturais e os traços de juntas são obtidos nas imagens a partir de feições de drenagem devidamente alinhadas, sendo chamadas de alinhamentos de drenagem. Se tiverem significado geológico denomina-se de lineamentos estruturais e se houver a evidência de deslocamentos, são denominados de falhamentos (FRANZONI, 2000).

Para a interpretação das estruturas rúpteis, as anomalias de drenagem destacadas são a retilinidade dos canais e assimetria da rede hidrográfica.

Os arranjos geométricos das diferentes estruturas e das vertentes são elementos de análise para a identificação e mapeamento de zonas de fraqueza e com predisposição à movimentação de massa (RIEDEL et al., 1994; OKIDA, 1996; MATTOS 1986; MATTOS et al. 1992)

Mattos (1986) destaca a importância de se encontrar as principais direções compressivas de uma área dentro de uma zona de cisalhamento, utilizando o

conjugado de Riedel (1929). As zonas de cisalhamento intenso definem zonas de colapso dos materiais.

Pupim, Jiménez-Rueda e Mattos (2007) evidenciam em seus trabalhos que pelo mapeamento dos lineamentos e da intersecção ou cruzamento de lineamentos se pode identificar a distribuição espacial regional do padrão de fraturamento, ruptibilidade, cisalhamento e conseqüente permeabilidade, contribuindo para a identificação de áreas com maior potencial natural de erodibilidade.

Facincani (1995) destaca as feições estruturais (representadas por juntas e lineamentos estruturais) como fatores relevantes no desenvolvimento de processos erosivos e a formação de boçorocas na região de São Pedro-SP, com o objetivo de definir metodologias de reabilitação e uso dos subambientes onde elas aparecem.

Caetano et al. (2005) e Silva e Mattos (2007) se utilizam da análise integrada entre morfoestruturas rúpteis e dúcteis para subsidiar o planejamento de obras civís lineares (estradas e dutos) no Vale do Paraíba. Shimbo (2006) utilizou esta análise visando gestão territorial em agrovilas para a melhoria dos projetos de reforma agrária.

A sistemática da análise morfoestrutural rúptil também é encontrada nos estudos de Caetano (2006); Crisostomo Neto (2000); Franzoni (2000); Guimarães (2001); Michelin (2004); Ohara (1995); Ohara et al. (2003); Paula (2002); Shimbo (2003, 2006); Soares e Fiori (1976); Stefani (2003), com aplicações múltiplas.

## 2.2.2 - ANÁLISE FISIAGRÁFICA

Os Zoneamentos partem do reconhecimento das Unidades de Compartimentação da paisagem de uma dada região.

Em Brasil (2004), estas Unidades estão denominadas de Unidades Geoambientais ou Unidades Territoriais Básicas - UTB, cuja definição no Decreto 5.300, art 2º. Item XV – é: porção do território com elevado grau de similaridade entre as características físicas e bióticas, podendo abranger diversos tipos de ecossistemas com interações funcionais e forte interdependência

Para identificar e individualizar unidades de paisagem é necessário definir o grau de detalhamento e verticalização da pesquisa e da geração de informação, denominada de escala de trabalho (Ross, 2000).

A análise fisiográfica trata das diferentes unidades de paisagens naturais encontradas numa determinada região. A análise fisiográfica é possibilitada pela fotoleitura, fotoanálise e fotointerpretação de imagens de satélite ou de Radar ou mesmo de fotografias aéreas cujas técnicas como as chaves de interpretação estão apresentadas nos trabalhos de Guy (1966), Goosen, (1966), Rivereau (1970), Guy e Rivereau (1972), Soares e Fiori (1976), Veneziani e Anjos (1982), Vedovello e Mattos (1998), Vedovello (2000), Mattos (2007).

No reconhecimento de formas de relevo e drenagem pela análise de elementos de textura de imagem, conforme proposto por Guy e Rivereau (1966) e na delimitação de zonas homólogas definidas por Soares e Fiori (1976) estão fundamentadas a base para a elaboração do mapa de zonas fotogeológicas.

Soares, Fiori e Mattos (1986) adaptaram esta metodologia para imagens de satélite visando um estudo mais regionalizado dos métodos fotointerpretativos propostos para imagens de satélite. Elemento de textura de imagem é definido por Guy (1966) como a menor superfície contínua, homogênea e passível de repetição, identificável na imagem. Pela repetição destes elementos com mesmo grau e ordem de estruturação e sua distribuição espacial pode-se definir zonas fotogeológicas homólogas.

Zonas fotogeológicas homólogas possuem características geológicas e geotécnicas semelhantes de acordo com Soares e Fiori (1976), o que permite que se possam fazer inferências sobre as propriedades físicas dos materiais imageados, tais como: alterabilidade, permeabilidade, ruptibilidade, colapsibilidade, anisotropia e relação de simetria.

Conforme Vedovello (2000) a inferência de propriedades dos materiais inconsolidados baseia-se no princípio de que a ação intempérica acarreta mudanças na composição química e nas propriedades físicas das rochas, e que, por conseguinte, gera coberturas de alteração distintas, com comportamentos espectrais distintos. Estes por sua vez, relacionam-se as características dos produtos de sensoriamento remoto tais como, texturas fotográficas e valores de níveis de cinza, conforme proposto do Veneziani e Anjos (1982).

A definição dos atributos pela Análise Fisiográfica das áreas e sua compartimentação em Zonas Homólogas (SOARES E FIORI, 1976) e posteriormente em Unidades Geoambientais com a utilização de produtos do sensoriamento remoto é uma importante contribuição para o planejamento e gestão de uma dada área ou região (SOARES, FIORI E MATTOS, 1978; MATTOS, 1989; OHARA, 1995; VEDOVELLO, 2000; OHARA et al., 2005).

Vedovello (2000) denomina as Zonas Homólogas de Unidades Básicas de Compartimentação.

O conhecimento das paisagens e seus atributos intrínsecos permitem determinar as potencialidade e limitações de uso e ocupação em diferentes zonas e elaborar mapas temáticos para a conservação ambiental, adequação a edificações, suscetibilidade a erosão, adequação ao uso do solo, visando orientar a tomada de decisões para o planejamento ambiental das áreas (CAETANO 2006; MATTOS E SILVA, 2007; MATTOS et al., 2008). Os autores citados ressaltam a necessidade de estudar a paisagem com foco na praticidade, buscando atender as necessidades dos diferentes profissionais, sejam eles ambientalistas, engenheiros, e/ou, planejadores.

Este estudo está baseado nos conceitos apresentados e nas discussões teóricas envolvidas. A proposta metodológica terá subsídios nos estudos de Soares e Fiori (1976), Jiménez-Rueda e Mattos (1989, 1991, 1993); Vedovello e Matos (1998), Caetano (2006) e Shimbo (2006).



### **2.3 – PRINCÍPIOS DE GESTÃO AMBIENTAL E ZONEAMENTOS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E SEU ENTORNO**

A Gestão Ambiental é o conjunto de procedimentos planejados que levem ao gerenciamento de uma área ou de uma região visando o uso do ambiente dentro de bases sustentáveis. A Gestão Ambiental efetivamente depende da Política Ambiental, do Planejamento e do Gerenciamento para definir, organizar e executar o desenvolvimento sustentável (Vedovello, 2000).

A gestão de Unidades de Conservação está definida pela Lei 9.985, de 18 de junho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, SNUC.

As Unidades de Conservação são áreas delimitadas do território nacional, que contém recursos naturais de importância ecológica ou ambiental e, por isso, são especialmente protegidas por lei. A partir de então, são observadas suas características naturais e estabelecidos os principais objetivos de conservação e o grau de restrição à intervenção humana.

Além das terras indígenas, atualmente, o Brasil possui várias categorias de unidade de conservação definidas como áreas protegidas pelo Sistema Nacional de Unidade de Conservação.

A Lei 9.985/2000 dividiu as Unidades de Conservação em dois grandes grupos (art.7º), as unidades de proteção integral (Estações Ecológicas, Parques e Reservas Biológicas) e unidades de uso sustentável (Áreas de Proteção Ambiental, as Florestas Estaduais de Rendimento Sustentado, as Florestas Nacionais e as Reservas Extrativistas).

A Reserva Biológica Jarú, classificada entre as Unidades de Proteção Integral, tem como discriminante que “a exploração e o aproveitamento direto dos recursos naturais são proibidos, admitindo-se apenas o aproveitamento indireto de seus benefícios. O objetivo destas unidades é a preservação da biodiversidade e caracteriza-se pela menor interferência humana possível”. Já, nas Unidades de Uso Sustentável, a exploração e aproveitamento econômico direto dos recursos naturais são realizados de forma planejada e regulamentada.

Os Zoneamentos em Unidades de Conservação e entorno resultam dos estudos diagnósticos para Planos de Manejos.

O Plano de Manejo, de acordo com o art. 27 da Lei n. 9985 de 18 de julho de 2000, que regulamenta o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC é definido como: “documento técnico mediante o qual, com fundamentos nos objetivos gerais de uma unidade de Conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias a gestão da unidade”.

Os estudos para o Plano de Manejo de uma Unidade de Conservação são realizados de forma a contemplar a Zona de Amortecimento :

De acordo com a Lei 9985, “O Plano de Manejo deve abranger a área da UC, sua Zona de Amortecimento e os corredores ecológicos, objetivando, entre outros: (...) Estabelecer a diferenciação e a intensidade de uso mediante zoneamento, visando à proteção de seus recursos naturais e culturais; (...); Estabelecer normas específicas regulamentando a ocupação e o uso dos recursos da Zona de Amortecimento – ZA e dos Corredores Ecológicos – CE visando a proteção da UC; e, Promover a integração socioeconômica da UC”.

No Roteiro Metodológico acima citado se estabeleceram os produtos que devem surgir a partir das pesquisas para o Plano de Manejo, para cada eixo temático. Referentes ao eixo dos estudos do meio físico, a abordagem metodológica deve atender os seguintes aspectos:

**O enquadramento regional**, com a espacialização dos componentes do meio físico regional e seus usos, indicação das áreas de fragilidades e potencialidades regionais com vistas ao desenvolvimento econômico local e seu grau de interferência futura para a UC; delimitação da Zona de Amortecimento e indicação dos possíveis impactos das atividades econômicas que podem se tornar num elemento de vulnerabilidade/fragilidade para a UC.

A figura 2.3 mostra a organização dos estudos abordados no plano de manejo com vistas ao planejamento da Unidade de Conservação e sua Região.

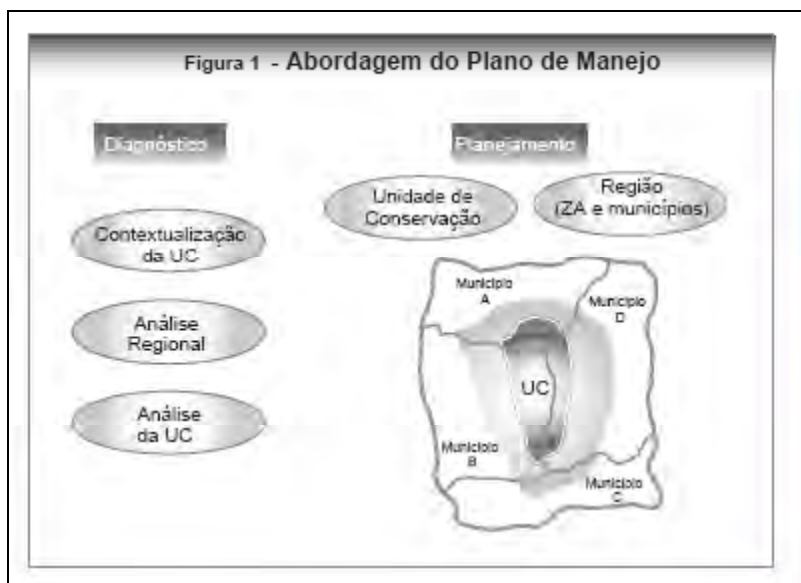


Figura 2.3 – Abordagem do Plano de Manejo de Unidade de Conservação

Fonte: IBAMA, 2002.

O **Diagnóstico**, voltado para a área protegida e seu interior, no que se refere à espacialização dos componentes do meio físico e a inter-relação destes com a paisagem, que se encaminham para o zoneamento da UC.

O Zoneamento da UC é a definição de setores ou zonas com objetivos de manejo e normas específicas, para proporcionar os meios e as condições para que todos os objetivos da unidade possam ser alcançados de forma harmônica e eficaz. As Zonas são traduzidas em zonas de baixo, médio e alto grau de intervenção que definirão os diferentes usos dentro da Unidade de Conservação.

As zonas mais frágeis e com aspectos físicos relevantes geralmente passam a constituir as zonas de baixo grau de intervenção (intangível e primitiva) das áreas protegidas, onde apenas a pesquisa científica e as ações de fiscalização são permitidas.

Na figura 2.4 apresenta-se o enquadramento das zonas por níveis de intervenção dentro da Unidade de Conservação.

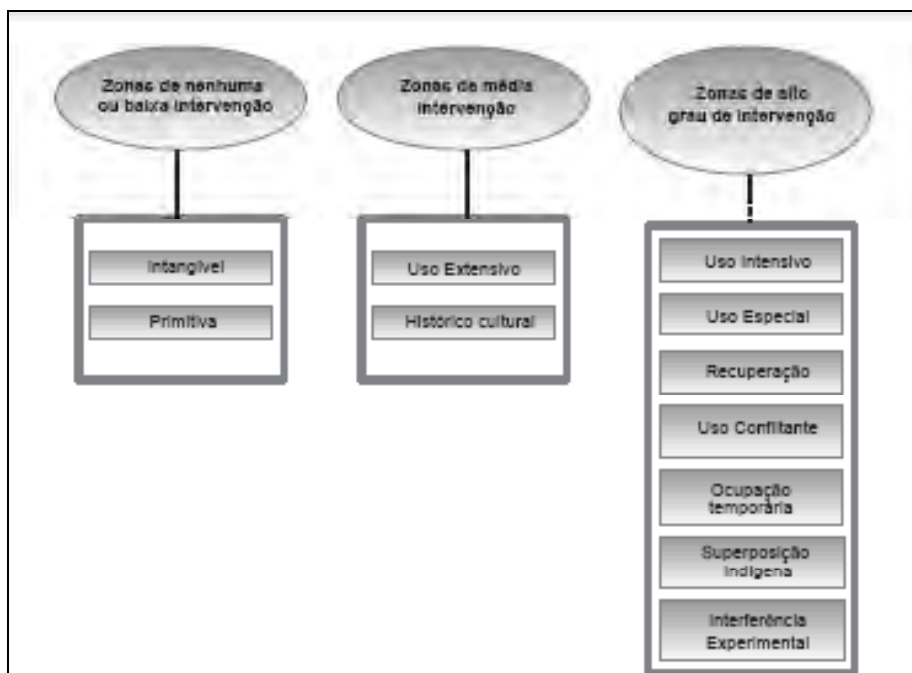


Figura 2.4 - Enquadramento das zonas por níveis de intervenção

Fonte: IBAMA, 2002.

As **Proposições**, voltadas para a Unidade de Conservação e sua região, com a finalidade de minimizar ou prevenir situações de conflitos e otimizar situações favoráveis a UC, que será traduzida em um planejamento a ser elaborado pela equipe de gerenciamento da UC.

Conforme SNUC (2000), A região da Unidade de Conservação é entendida como sendo a área que engloba as áreas dos municípios<sup>2</sup> nos quais se insere a UC e sua Zona de Amortecimento e o Corredor Ecológico<sup>3</sup> a que pertence.

O Processo de Planejamento de Gestão da Unidade de Conservação e de sua região se encontra assim desenhado em IBAMA (2000):

<sup>2</sup> Na região Norte do país esta área adquire tamanho considerável, em função do baixo número de municípios que por sua vez possuem grandes áreas.

<sup>3</sup> Por Corredores ecológicos, segundo o Art. XIX, se entende as "porções de ecossistemas naturais ou seminaturais ligando Unidades de Conservação, que possibilitem o fluxo de genes e o movimento da biota entre elas, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam par sua sobrevivência, áreas com extensão maior que aquela das unidades individuais".

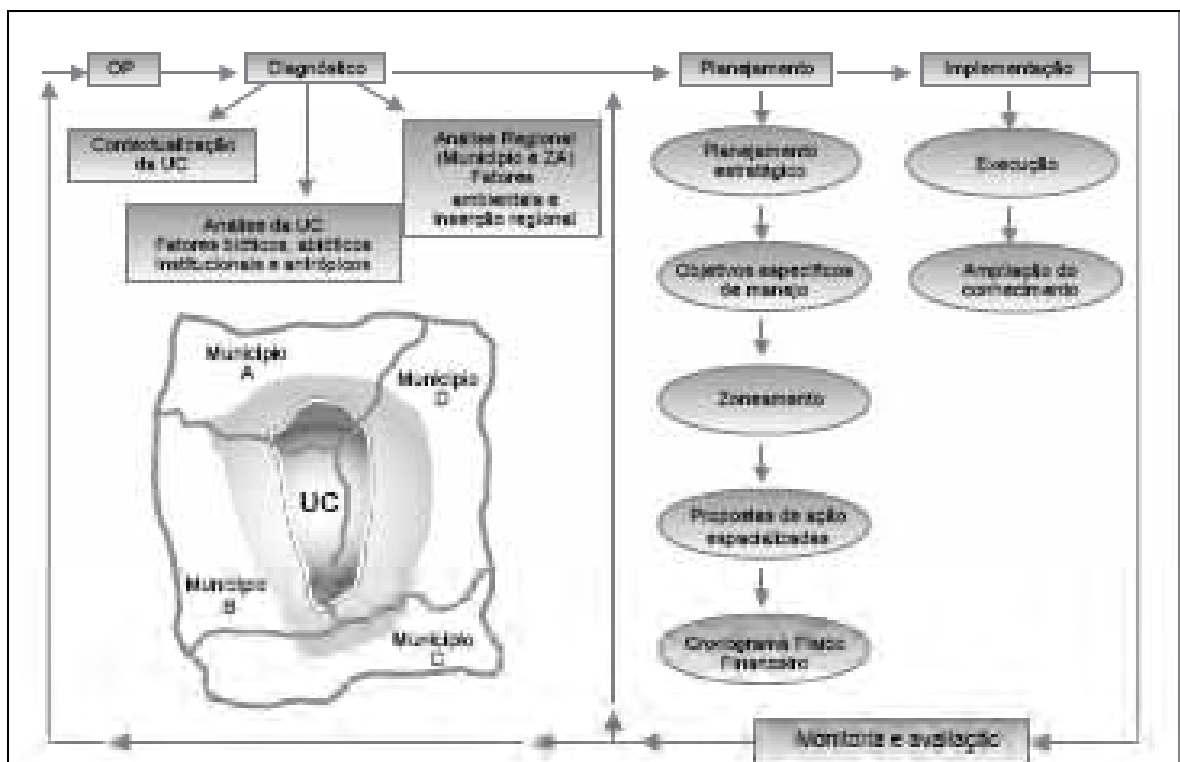


Figura 2.5 - Visão Geral do Processo de Planejamento de Unidade de Conservação

Fonte: IBAMA, 2002.

A Zona de Amortecimento é tida como uma área vital para que a Gestão da Unidade. O SNUC (2000) ressalta que a Zona de Amortecimento é uma área contígua a UC, necessária para a manutenção e preservação da integridade da UC.

Em função da importância dessa área no entorno das áreas protegidas, a Lei 9.985/2000 (Art., 2º. XVIII), estabeleceu que a Zona de Amortecimento é o entorno de uma unidade de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre as Unidades.

Os limites da Zona de Amortecimento ideal só poderão ser estabelecidos após os estudos diagnósticos para o Plano de Manejo da Unidade de Conservação (UC).

IBAMA (2002), apresenta critérios na escolha da Zona de Amortecimento e propõe que, como limites, podem ser: um rio principal e sua (s) bacia (s) hidrográfica (s) ou outro elemento do meio físico, bem como estradas ou outros

elementos facilmente identificáveis (linhas férreas, estradas, rios e outros de visibilidade equivalente) e georeferenciados.

A delimitação de uma Zona de Amortecimento ideal, numa área, por vezes cheia de conflitos de usos da terra já estabelecidos, se torna um desafio.

Entre os critérios constantes no documento citado, para não inclusão de áreas na Zona de Amortecimento estão: áreas urbanas já estabelecidas e áreas estabelecidas pelo Plano Diretor como área de expansão Urbana. Como critérios de ajustes estão: influência do espaço aéreo (ventos que conduzam emissões gasosas) e do subsolo (que possa comprometer os aquíferos e os solos da UC).

Nas revisões dos Planos de Manejo, a Zona de Amortecimento pode ser ampliada, pela inclusão de áreas, ou diminuída, de acordo com critérios estabelecidos no Roteiro Metodológico (IBAMA, 2002). No documento constam os seguintes fatores para a inclusão de áreas na Zona de Amortecimento :

1. As micro-bacias dos rios que fluem para a unidade de conservação e quando possível, considerar os seus divisores de água;
2. Áreas de recarga de aquíferos;
3. A velocidade, o sentido e a sazonalidade das correntes marinhas e os ventos que afetem as unidades de conservação marinhas;
4. Locais de nidificação ou de pouso de aves migratórias ou não;
5. Áreas litorâneas, tais como manguezais, estuários, restingas, dunas, lagunas, praias arenosas, e costões rochosos que tenham significativa relação química, física ou biológica com as unidades de conservação marinhas;
6. Locais de desenvolvimento de projetos e programas federais, estaduais e municipais que possam afetar a Unidade de Conservação (assentamentos, projetos agrícolas, pólos industriais, grandes projetos privados e outros);
7. Áreas úmidas com importância ecológicas para a UC;
8. Unidades de Conservação em áreas contiguas;
9. Áreas naturais preservadas, com potencial de conectividade com a unidade de conservação (APP, RL, RPPN e outras);
10. Remanescentes de ambientes naturais próximos a UC que possam funcionar ou não como corredores ecológicos;
11. Sítios de alimentação, descanso/pouso e reprodução de espécies que ocorrem na unidade de Conservação;
12. Áreas sujeitas a processos de erosão, de escorregamentos de massa, que possam vir a afetar a integridade da UC;
13. Áreas de risco de expansão urbana ou presença de construção que afetem aspectos paisagísticos notáveis junto aos limites de UC;
14. Ocorrência de acidentes geográficos e geológicos notáveis ou aspectos cênicos

próximos a UC; 15. Recifes, bancos de algas, parais, fenômenos oceanográficos (ressurgências, convergências, vórtices e outros) que apresentem significativa relação química, física ou biológica com as UCs marinhas; 16. Sítios de importância ecológica para espécies marinhas (áreas de reprodução, desova e alimentação de espécies) assim como bancos de algas; 17. Áreas de litoral, deltas de rios, que possam afetar Unidades de Conservação marinhas; 18. Sítios arqueológicos (IBAMA, 2000).

Relativos aos estudos do meio físico, aplicáveis á região da Reserva Biológica do Jarú, encontram-se os fatores 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 12,13, 14 e possivelmente o 18. Referente aos fatores citados se pondera que, para a identificação dos locais de ocorrência dos itens 2, 7 e 12, existe a necessidade de estudos de caráter morfoestrutural, que poderão ser respondidos pelo desenvolvimento da sistemática do Zoneamento Geoambiental, proporcionando a definição de limites baseados em nas fragilidades e potencialidades ambientais.

Referentes aos impactos advindos das atividades econômicas que podem se tornar num elemento de vulnerabilidade/fragilidade para a Unidade de Conservação, estes poderão ser previstos pelo método de avaliação da capacidade de suporte do meio físico e pela definição das áreas de maior suscetibilidade a erosão conforme encontrados na sistemática do Zoneamento Geoambiental proposto por Jiménez-Rueda e Mattos (1992).

### 3 - CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1- APRESENTAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Reserva Biológica do Jaru é uma Unidade de Conservação localizada na porção sudeste do estado de Rondônia, na divisa com o estado de Mato Grosso. Foi criada através do decreto Federal n. 83.716 de 11 de julho de 1979, com área de 268.150 ha. Atualmente a área se encontra com 353.160 hectares em virtude da incorporação de uma área de 84.000 hectares, nas margens do rio Ji-paraná, denominada de TD Bela Vista, que se constituía em objeto de invasões na Unidade de Conservação.



Figura 3.1 – Área da Reserva Biológica do Jaru



A Zona de Amortecimento no entorno de uma UC, conforme consta na Resolução 13/90, do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) é a área de dez quilômetros no entorno conforme visualizado no buffer na figura 3.2, exemplificada para a Reserva Biológica do Jarú.

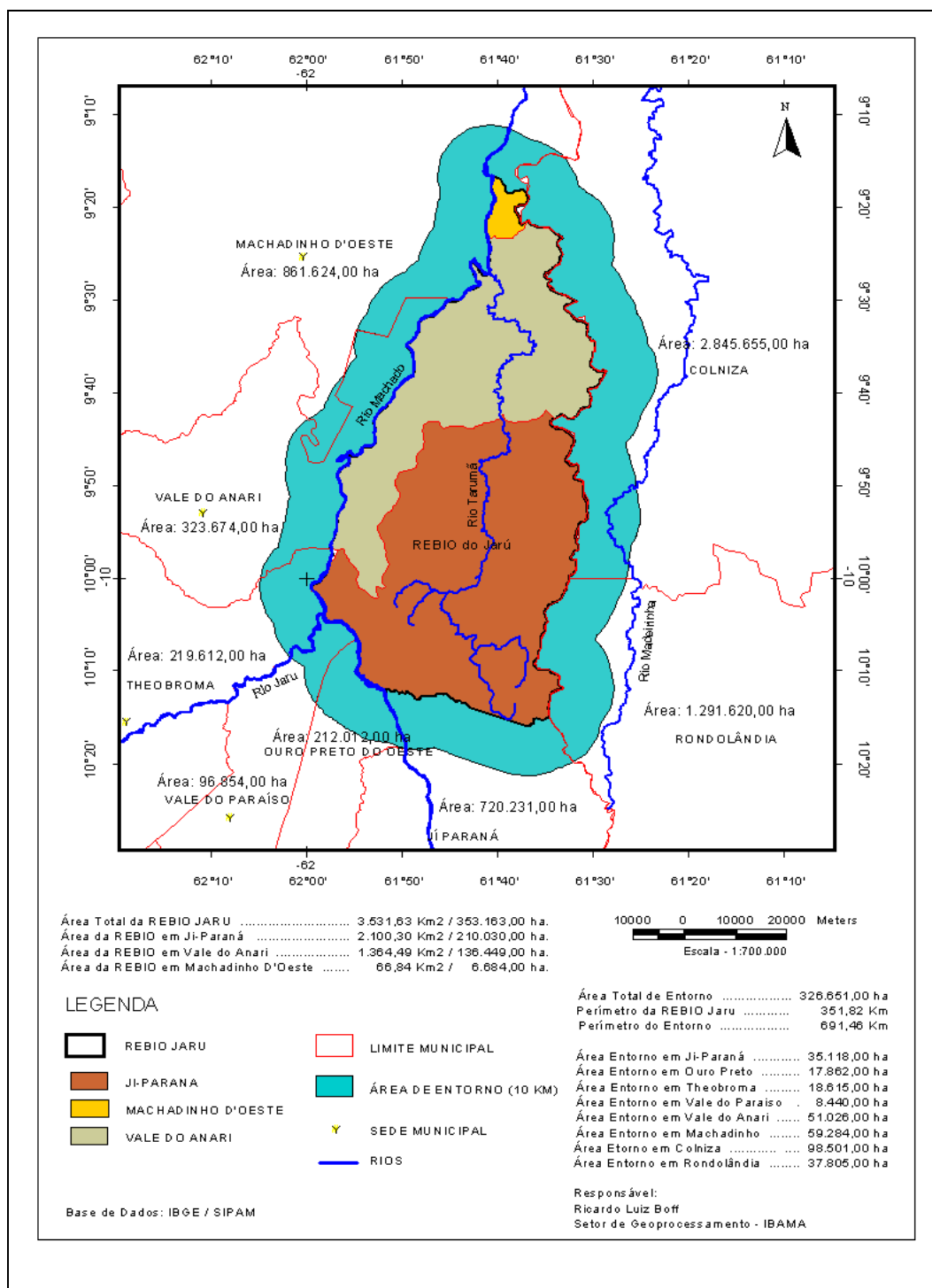


Figura 3.2 – Área da Reserva Biológica do Jarú

Fonte IBAMA, s/d

O modelo de Zona de Amortecimento acima apresentado tem como inconveniente a dificuldade de identificação em campo, o que compromete seriamente a Gestão da Unidade de Conservação. Com os estudos realizados para o Plano de Manejo, a área da Zona de Amortecimento passou a ter limites físicos entre as bacias regionais, facilmente identificáveis em campo, conforme critérios estabelecidos em (IBAMA, 2002).

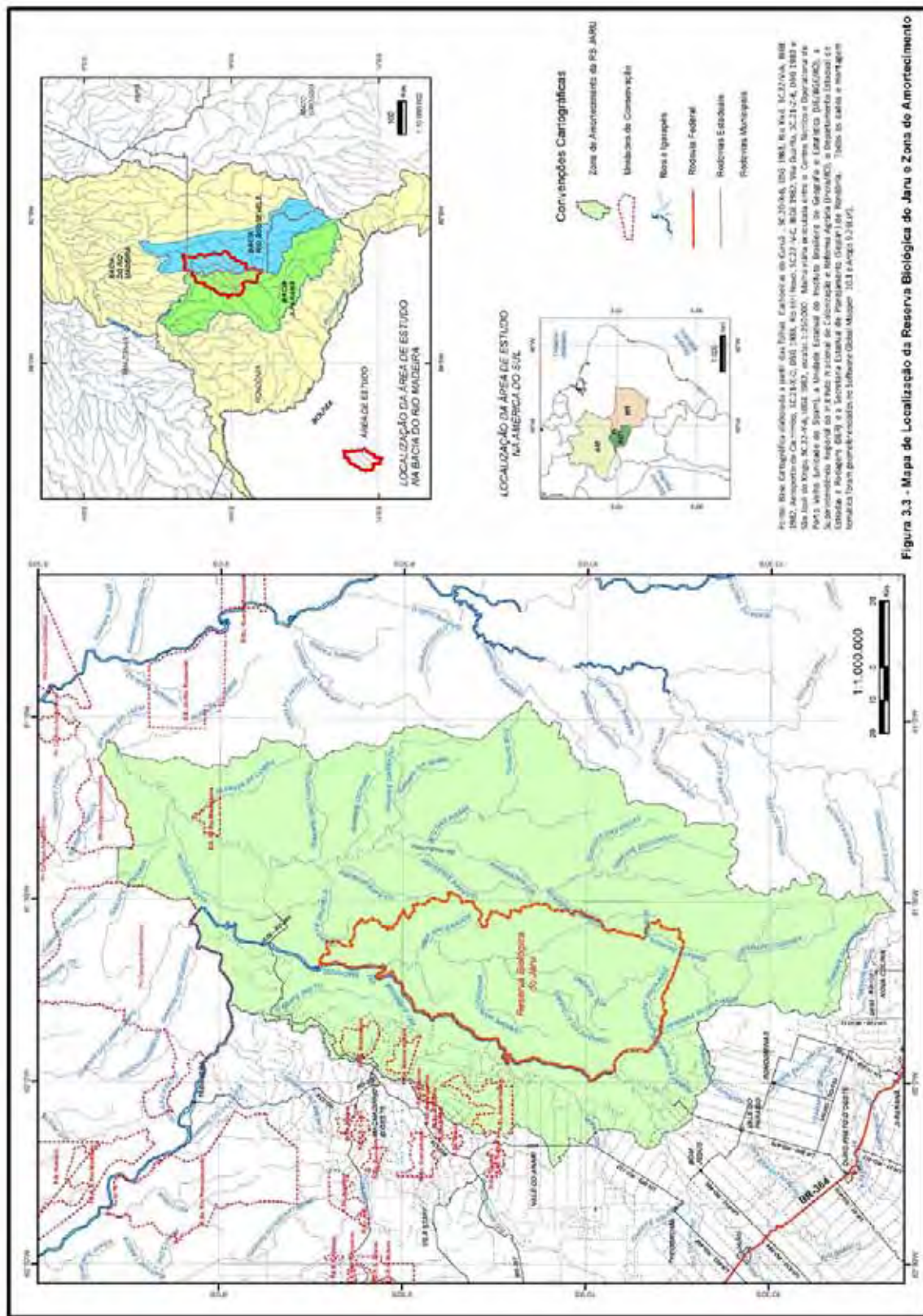
A Zona de Amortecimento da Reserva Biológica do Jarú foi delimitada entre as bacias do rio Ji-paraná ou Machado, em Rondônia, e a sub-bacia do rio Madeirinha (pertencente à bacia do rio Roosevelt) no Mato Grosso e parte do Amazonas.

Esta área está localizada entre as coordenadas geográficas de 8°40' a 10°50' S e 60°57' a 62°15' W e possui área aproximada de 1.800.000 hectares e perímetro de 357,0 km. Seu limite a oeste é o curso do rio Machadinho, em Rondônia e a leste o divisor do rio Madeirinha com o Rio Roosevelt, no Mato Grosso. Ao Sul, o limite sul da terra indígena Igarapé Lourdes e a norte, faz limites com o Parque Nacional dos Campos Amazônicos, Unidade de Conservação, nas divisas entre os estados de Mato Grosso, Rondônia e Amazonas (figura 3.3).

Considerou-se que a delimitação da Zona de Amortecimento em bacias hidrográficas seria apropriada por apresentar as seguintes vantagens: 1) permite maior compreensão das relações entre elementos e fatores do meio físico; 2) o planejamento em bacias se torna mais efetivo, pela possibilidade de controle de eventos de natureza antrópica; 3) o reforço da proteção ambiental e da gestão, pela Lei 9.433/97 que define a Bacia Hidrográfica como Unidade Territorial de Gestão e alia o uso da terra à gestão dos recursos hídricos, entre outras.

Estes limites não são definitivos, pois necessita de pesquisas mais aprofundadas para a delimitação da Zona de Amortecimento ideal, com base em critérios de fragilidade e representatividade ambiental, conforme estabelecidos no Roteiro Metodológico para Gestão de Unidades de Conservação (IBAMA, 2002).

Figura 3.3 – Mapa de Localização da Reserva Biológica do Jarú e Zona de Amortecimento



## 3.2 - ASPECTOS SÓCIO-AMBIENTAIS DA ÁREA DE ESTUDO

### 3.2.1 – USO DA TERRA NA ZONA DE AMORTECIMENTO DA RESERVA BIOLÓGICA DO JARU

A Zona de Amortecimento da Reserva Biológica do Jaru, administrativamente está inserida nos municípios de Ji-paraná, Vale do Anari, Jaru e Machadinho em Rondônia; nos municípios de Rondolândia e Colniza, no Mato Grosso e no município de Novo Aripuanã, no Amazonas. Nessa região vivem cerca de 300 mil pessoas.

Na figura 3.4 apresenta-se a carta imagem com o uso da terra na região da Reserva Biológica do Jaru com destaque para a Zona de Amortecimento.

A área antropizada dentro da Zona de Amortecimento da Reserva Biológica do Jaru é de 233.561,04 hectares, representando 12,8% do total da área.

A área no entorno a Reserva Biológica do Jaru, em Rondônia, apresenta-se ocupada com projetos de assentamentos antigos do INCRA (PA Tarumã, PA Machadinho, PA Tabajara I e II, PA Pedra Redonda, PA União, PA Lajes, Santa Maria I e II, PA Jose Carlos, PA Palma Arruda, PA Antonio Néri, Cedro Jequitibá, PA Amigos do Campo, PCA Novo Alvorecer).

A principal atividade econômica nesta área, em Rondônia é a agropecuária, a mineração e a lavoura de subsistência. No Mato Grosso predomina a mineração, a criação de gado e a extração de madeira. Também ocorrem garimpos (cassiterita, de ouro e de pedras preciosas). No Amazonas, a criação de gado e garimpo de cassiterita na Terra Indígena Tenharim do Igarapé Preto. Novos núcleos populacionais surgem no entorno das áreas de mineração e ampliam as áreas desmatadas na porção norte da área, divisa entre Mato Grosso e Amazonas.

Ao sul da Reserva Biológica do Jaru, em Rondônia, as terras com florestas ainda preservadas pertencem à Terra Indígena Igarapé Lourdes. Ao oeste e noroeste da área ocorrem grandes áreas com floresta preservada em função das áreas de planos de manejos florestais particulares (áreas de projetos de cortes seletivos de madeira) e das áreas de Reservas extrativistas (Aquariquara, Massaramduba e Maracatiara). As áreas florestadas no nordeste da área, no estado do Mato grosso, estão destinadas usos especiais com manejo e para proteção, de acordo com o SEMA/MT (2002)

Figura 3.4 – Carta Imagem com o Uso da Terra na Zona de Amortecimento da Reserva Biológica do Jarú

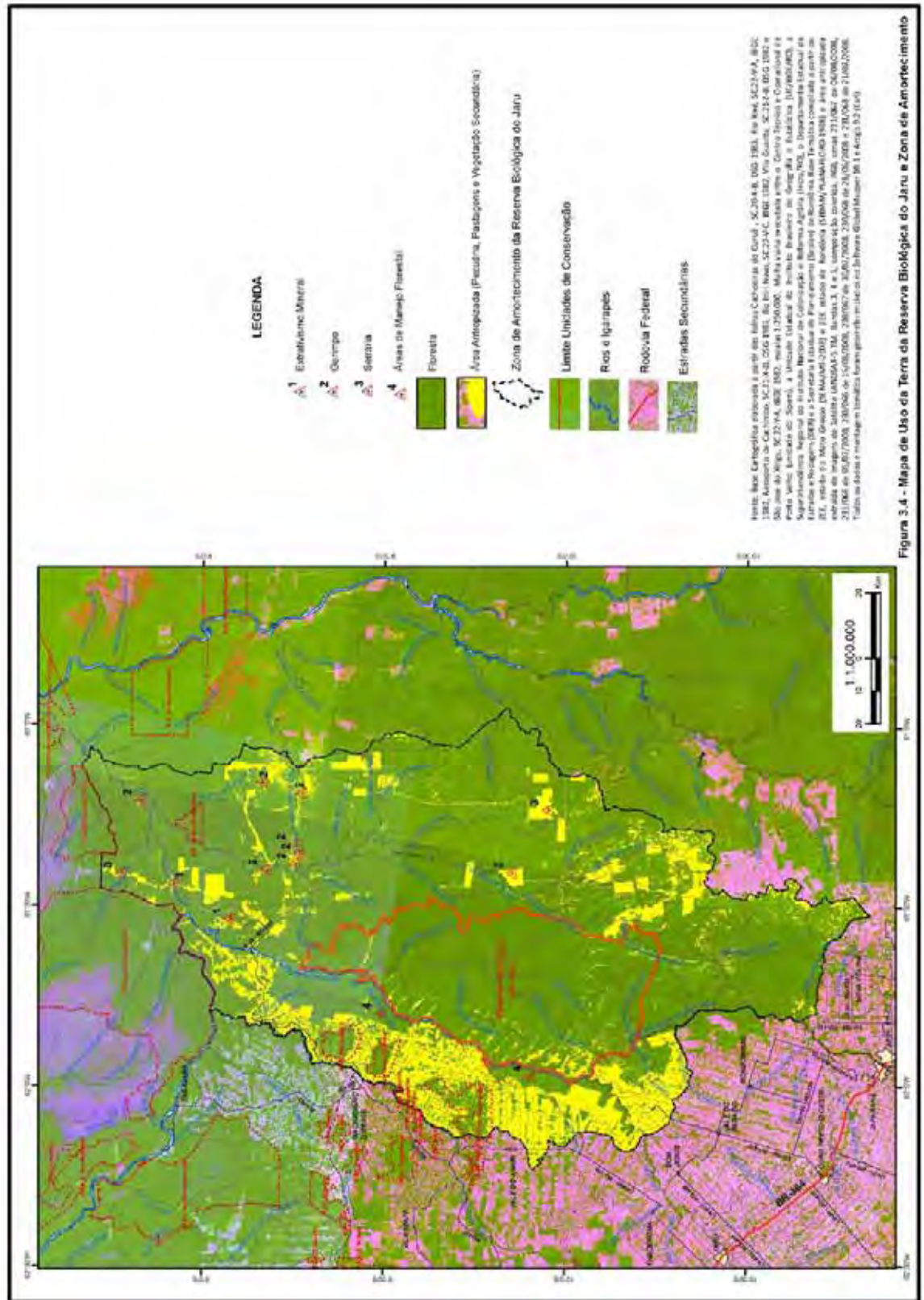


Figura 3.4 - Mapa de Uso da Terra da Reserva Biológica do Jarú e Zona de Amortecimento

### 3.2.2 – ASPÉCTOS CLIMÁTICOS

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominantemente na região e entorno é do tipo Aw – Clima Tropical Chuvoso, com média climatológica da temperatura do ar durante o mês mais frio superior a 18°C (megatérmico) e um período seco bem definido durante a estação de estiagem, quando ocorre na região um moderado déficit hídrico com índices pluviométricos inferiores a 50 mm/mês.

A média climatológica da precipitação pluvial para os meses de junho, julho e agosto é inferior a 20 mm/mês. Em razão de estar sob a influência do clima Aw, a média anual da precipitação pluvial varia entre 1.400 a 2.600 mm/ano, enquanto a média anual da temperatura do ar varia entre 24 a 26°C. Outubro se destaca como o mês mais quente, com temperatura média de 26,8°C e Julho como mês mais frio, com temperatura média próxima a 24,7 °C.

A média umidade relativa do ar na área é de 87,6%, sendo março o mês mais úmido (94%) e agosto o mês mais seco (41%).

A velocidade média anual dos ventos na Reserva Biológica do Jaru, segundo dados do Projeto Abracos<sup>4</sup> é de 4,6 m/s. Quanto à direção, ocorre predominância dos ventos de sul nos meses de maio a outubro (estiagem) e de norte/nordeste nos meses de novembro a abril.

A pressão atmosférica média anual é de 994,0 MB. A mínima é de 873 MB. O total de radiação solar mensal fica em torno de 147.610 (W/M<sup>2</sup>) com média diária de 4.902 (W/M<sup>2</sup>) (OLIVEIRA et al., 2004).

#### 3.2.2.1 - Balanço Hídrico

O balanço hídrico é um indicador climatológico da disponibilidade de água no solo, de uma região e tem sido utilizado como um dos elementos de planejamento dos recursos hídricos, para previsão de rendimento de culturas, e como fator de classificação climática.

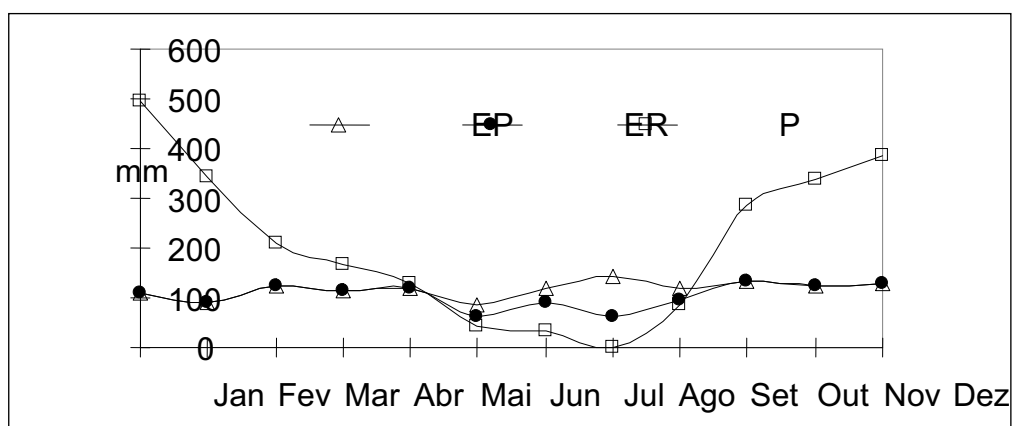
---

<sup>4</sup> Projeto ABRACOS (Anglo Brazilian Amazonian Climate Observational Study), cujo intuito foi de coletar dados dos fluxos de energia e dos elementos climáticos sobre as superfícies de floresta tropical e de pastagem.

Tomando como base os dados meteorológicos e utilizando o método de Thornthwaite e Mather (1955), para uma Capacidade de Água Disponível (CAD) de 100 mm, o balanço fornecerá estimativas de Evapotranspiração Potencial (EP), da Deficiência hídrica (DEF), do Excedente Hídrico (EXC) e do Armazenamento de água no solo, os quais serão representados por meio de gráficos. O excedente hídrico representa o quanto a água extrapolou o CAD; a deficiência ocorre quando o armazenamento de água no solo é menor que o CAD.

O déficit hídrico na área da ZA ocorre entre maio e outubro, sendo os meses de julho e agosto apontados como o período mais críticos. Este período aponta para as limitações quanto à prática de atividades agrícolas, principalmente as relacionadas ao cultivo de novas safras, bem como oferece maior probabilidade de redução na produtividade e no crescimento dos cultivos perenes.

A partir de novembro passa a ocorrer reposição de água no solo e elevação do nível do lençol freático. O excedente hídrico é observado no período compreendido entre os meses de dezembro a março.



Componentes de evapotranspiração potencial (EP), evapotranspiração real (ER) e precipitação (P), em 2001

Fonte: Leite et al., 2004

Figura 3.5 - Balanço hídrico da Zona de Amortecimento da Reserva Biológica do Jarú

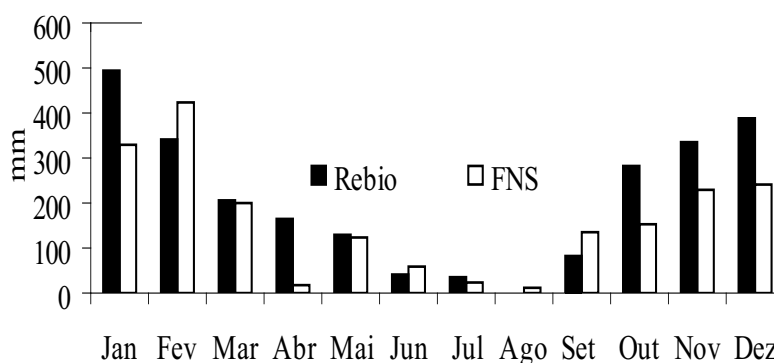
Neste período o escoamento superficial (Runoff) aumenta acarretando nas cheias dos rios e ocasionando seu transbordamento em alguns pontos. A grande quantidade de chuvas ocorridas neste período prejudica a conservação das estradas que dão acesso aos lotes da área rural do entorno, fator que dificulta o transporte de mercadorias e das safras.

Para a agricultura este período representa uma melhor condição para o desenvolvimento dos vegetais, mas em condições críticas de excesso de umidade no solo pode acarretar na queda da produção, devido ao encharcamento de solos mal drenados.

Estudos sobre a influência do desmatamento da Amazônia no balanço hídrico, a partir da conversão de floresta tropical em pastagem estão sendo realizados desde a Implantação do Projeto LBA. Em Rondônia o estudo ocorre em dois sítios experimentais na região de Ji-Paraná – RO, sendo um de floresta tropical na Reserva Biológica do Rio Jaru e outro de pastagem na Fazenda Nossa Senhora Aparecida também no município de Ji-paraná.

Em 1999, Alves et al., (2001) constataram uma redução de até 10% na precipitação total nas áreas de pastagem, quando comparadas com a floresta. Na seqüência dos estudos, Leite et al. (2004) constataram uma redução de 22,4% na quantidade de precipitação e de 4% na evapotranspiração real na pastagem em relação à floresta.

Os totais mensais de precipitação em 2001 com total anual de 1950 mm e 2513 mm, respectivamente nos sítios de pastagem (FNS) de floresta (estação experimental na Rebio Jaru).





florestada é, em média, 6 graus a menos que em área de pastagem (ALVES et al., 1999).

Os dados de Leite et al. (2004) mostram uma variação maior de água no perfil de solo da pastagem, sugerindo escassez de água mais severa. A floresta manteve sua capacidade de campo por sete meses, enquanto a pastagem, apresentando uma variação maior, manteve-a por apenas cinco meses do ano.

Os resultados sugerem que, de maneira cíclica, a mudança de cobertura vegetal de floresta tropical em pastagem reduz a quantidade de água disponível no solo, ocasionando uma menor oferta de água ao processo de evapotranspiração. Esta menor transferência de vapor à atmosfera por sua vez influencia a quantidade de chuva. Chovendo menos, há menor oferta de água para reabastecer o solo, e, desta forma, o período seco tende a se agravar, alterando aos poucos o ciclo hidrológico da região.

### 3.2.3 – ASPÉCTOS GEOLÓGICOS

Rondônia e Mato Grosso fazem parte do Cráton Amazônico, juntamente com parte do Estado do Amazonas e território boliviano. Com base em dados geocronológicos, o Cráton Amazônico pode ser dividido em cinco províncias mais ou menos concêntricas, conforme Tassinari e Macambira, (2004). (figura 3.7b):

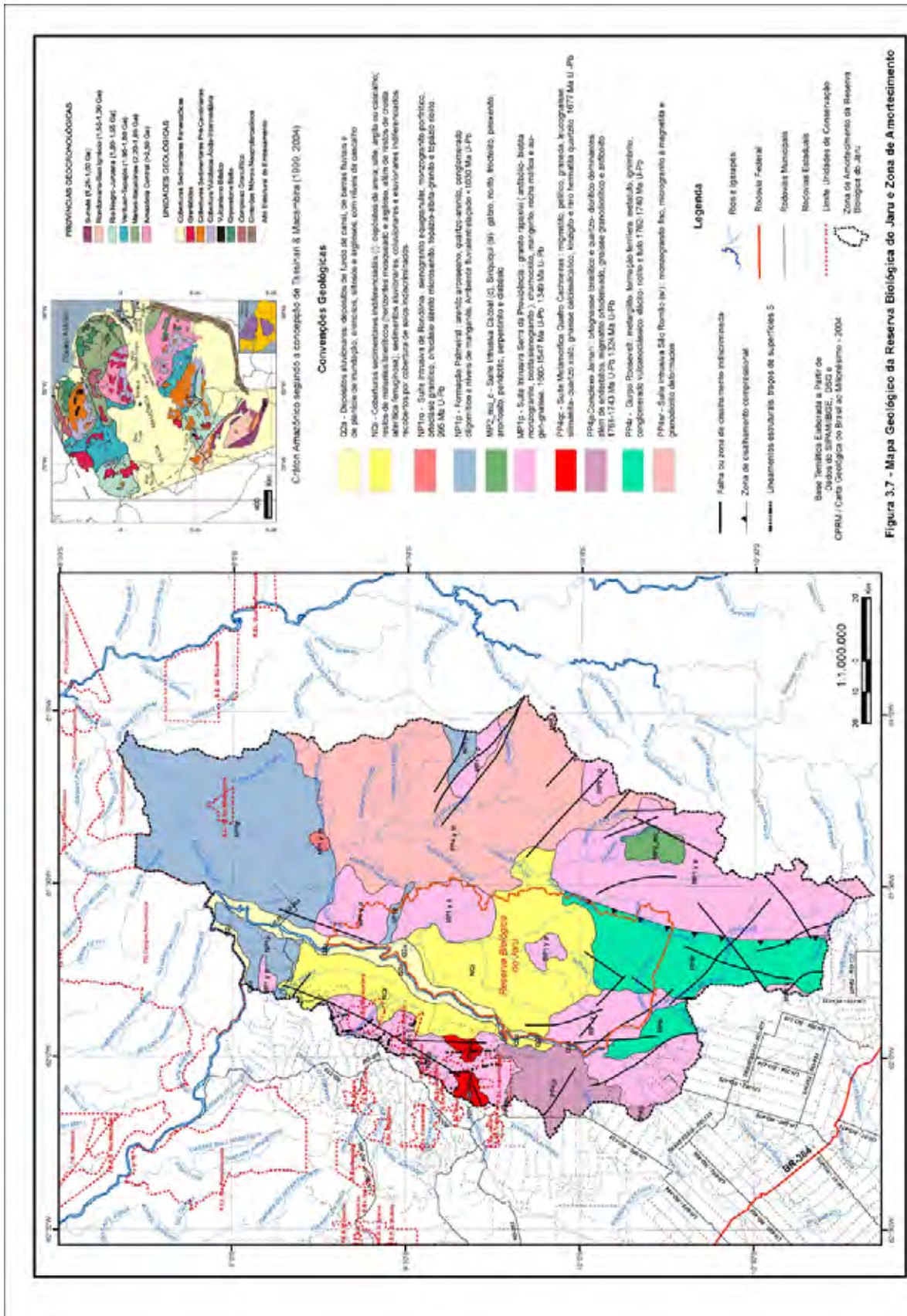
1. O núcleo, conhecido como a Província Amazônica Central (> 2.500 Ma), é cercado por províncias de idades cada vez mais jovens em direção à periferia do Cráton;
2. Província Maroni-Itacaiunas (2.250 – 1.900 Ma) desenvolvida no Ciclo Transamazônico, e mais três de direção geral NW-SE, formadas em progressão para sudoeste;
3. Província Rio Negro-Juruena (1.750 – 1.550 Ma).
4. Província Rondôniana-San Ignácio (1.500 – 1.300 Ma) e;
5. Província Sunsas (1.300 - 900 Ma).

Estudos de Santos et al., (2006) subdividem o sudoeste do Cráton Amazônico onde se a área de estudo em Província Rondônia-Juruena, composta por terrenos de idade entre 1.850-1650 Ma situados no Paleoproterozóico, e Província Sunsas, de idade entre 1450-1,10 Ma situados no Mesoproterozóico.

A Província Rondônia-Juruena se dispõe segundo o trend regional WNW-ESSE ou E-W e é constituída por terrenos granitóides e vulcano-sedimentares que evoluíram num sistema de arcos magmáticos e faixas supracrustais envolvidas em eventos colisionais e de subducção de alta temperatura, seguido de transcorrências (CPRM, 2004). A parte setentrional desta Província é denominada Domínio Roosevelt-Juruena e estende-se a norte e noroeste de Mato Grosso Sul do Amazonas e Rondônia constituindo o embasamento litológico da área de estudo.

A Província Sunsas se formou durante o Ciclo orogênico Sunsas, é a unidade mais jovem do Extremo Sudoeste do Cráton Amazônico. Esta unidade evoluiu através de episódios tectono-magmáticos e de sedimentação concomitantes que se encontram amplamente distribuídos no sudoeste de Mato Grosso seguindo para Rondônia e parte oriental da Bolívia (CPRM, 2003). O início do Ciclo Orogrênico Sunsas caracterizou-se por uma importante distensão crustal que precedeu a abertura do oceano entre a América e a Europa, seguido pelo soergimento dos Andes. As fases distensivas finais, relacionadas a este ciclo estão representadas na área pelas coberturas sedimentares do tipo Palmeiral / Prosperança.

Figura 3.7 – Geologia da Zona de Amortecimento da Reserva Biológica do Jarú



### 3.2.3.1 – Descrição da Litoestratigrafia da Área

Conforme CPRM (2000 e 2004) e IBGE/SIPAM (2003) e apresentado na figura 3.7 a, na área da ZA Reserva Biológica do Jarú, os terrenos geologicamente mais antigos e que compõem o Embasamento Pré-Rondôniano são constituídos pelo Complexo Jamari de idade Paleoproterozóico com datação entre 1.800 Ma e retrabalhados no Mesoproterozóico com 1.550 Ma. Também ocorrem rochas da Suíte Metamórfica Quatro Cachoeiras. No estado de Mato Grosso o embasamento é composto pelas rochas graníticos-gnaíssicas da Suíte intrusiva São Romão.

Do Mesoproterozóico encontram-se os plutons da Suíte Intrusiva Serra da Providência (MPspg) com 1.570 Ma. Também, o (Mrs) - Grupo (Meta) Vulcano-Sedimentar Roosevelt (inserido o Grupo Beneficente) com idade média de 1.400Ma e a (MP2c) – Suíte intrusiva Cacoal idade de  $1372 \pm 21$  Ma.

Do Neopaleozóico, encontra-se o Grupo Palmeiral com  $\pm 1.030$  Ma e a NP1ro – Suíte Intrusiva de Rondônia datada em 995 Ma (U-PB).

Do Cenozóico, as Coberturas detríticos lateríticas e os Terraços Fluviais;

Depósitos aluvionares de idade Holocênica correspondentes a cascalhos, areias, siltes, e argilas inconsolidados condicionados a calha dos rios Ji-paraná, Roosevelt e Guariba.

**PMPjm - Complexo Jamari:** rochas ortoderivadas de composição granítica, granodiorítica, tonalítica e diorítica, metamorfizadas em condições de P/T (Pressão e temperatura) condizentes com a fácies anfibolito.

Na constituição destes os terrenos destaca-se a alternância de gnaisses orto e paraderivados, com amplo predomínio dos últimos, organizados, aparentemente, sob a forma de um aleitamento tectônico, onde trama e mineralogia são compatíveis com condições de alto grau metamórfico. Zonas de cisalhamento transectam este terreno. Rochas anfibolíticas e granitóides porfiróides, presentes no conjunto, mostram relações intrusivas nos gnaisses paraderivados. Destaca-se a expressiva migmatização da unidade, refletindo as condições tectono-termiais que determinaram os processos metamórficos durante a evolução geológica da região (CPRM, 2004).

O Complexo Jamari aflora, na região, no leito e nas margens do rio Ji-paraná e na bacia do rio Tarumã, associado à Suíte intrusiva Serra da Providência.



Figura 3.8 – Rochas do Complexo Jamari

Fotos: Autora, novembro/2006

**PP4ysr - Suíte Intrusiva São Romão:** monzogranito fino, microgranito e granodiorito de médio a alto grau metamórfico, deformados em regime dúctil, com idade entre 1780-1750 Ma, fazendo parte do Arco magmático Juruena (CPRM, 2004).

Esta Suíte reúne um conjunto de rochas de composição predominantemente granítica (RIBEIRO E VILLAS BOAS, 2004; FRASCA E BORGES, 2004). Possui contato tectônico, através de falhas transcorrentes com os Complexos Nova Monte Verde e Bacaeri-mogno, o granito São Pedro, a suíte Paranaita, Vitória Nova Canaã

e o Grupo São Marcelo-Cabeça. Este contato tem aspecto configurado de lente amalgamadas, orientado segundo o trend regional NW-SE e E-W. É constituída por biotita granito fina e microgranito com granodiorito subordinado.

Estas rochas apresentam estágios deformacionais que englobam tipos foliados a bandados. Estruturas protomiloníticas, miloníticas e gnáissicas são predominantes e orientam-se segundo a configuração tectônica regional NW-SE com mergulhos médios à altos, para NE. Apresentam paragênese mineral indicativa de metamorfismo de fácies xisto-verde e anfibolito.

A Suíte São Romão aparece em grande extensão da bacia do Madeirinha no Mato Grosso intrusionado nas rochas graníticos-gnaissicas do Complexo Nova Monte Verde e em contato com a Suíte Intrusiva São Pedro. Sua morfologia caracteriza por relevo arrasado, com pequenas elevações alinhadas, segundo a estruturação regional.



Figura 3.9 – Rochas Graníticas do Suíte Intrusiva São Romão

Fotos: Autora, outubro/2006

**PP4qc – Suíte Metamórfica Quatro Cachoeiras:** migmatito pelítico, granada, leucognaisse, silmanita, quartzo-xisto, gnaiss calcissilicático, kinzigitos e rara hematita-quartzito, datados em 1677 Ma (U-PB). Esta suíte forma a serra da Prata, no interflúvio rio Machadinho/Ji-paraná.

**Mrs – Grupo (Meta) Vulcano-Sedimentar Roosevelt:** A seqüência é composta de arenitos, siltitos, sílex, arenitos hematíticos, ardósias, filitos, quartzitos (micáceos), formações ferríferas (manganesíferas), tufos e metatufos, que podem estar cortados por diques de diabásios e microgabros. Esses litótipos apresentam-se metamorfizadas ou não.



Norte

Figura 3.10 – Rochas do grupo Roosevelt

Fotos: Autora, maio/2006

De acordo com Soeiro (1977), as evidências tectono-sedimentares permitem caracterizar esta unidade como uma seqüência metavulcano-sedimentar evoluída a partir de um *rift* cratônico em ambiente plataformal raso, tendo as rochas do

Complexo Jamari e São Romão como embasamento e mantêm superfícies de discordância erosiva e contatos estruturais por falhas com estas e as da Suíte Intrusiva Serra da Providência.

A Suíte Vulcânica Roosevelt e a Suíte Intrusiva Serra da Providência são tidas como co-genéticas e contemporâneas, e ambas se constituíam, juntamente com vestígios do Complexo Jamari, no embasamento da seqüência epiplataformal conhecida como Grupo Beneficente (NOGUEIRA FILHO, 1959), posteriormente redefinido e agrupado no Grupo (Meta) Vulcanossedimentar Roosevelt (RIZZOTTO, 2003).

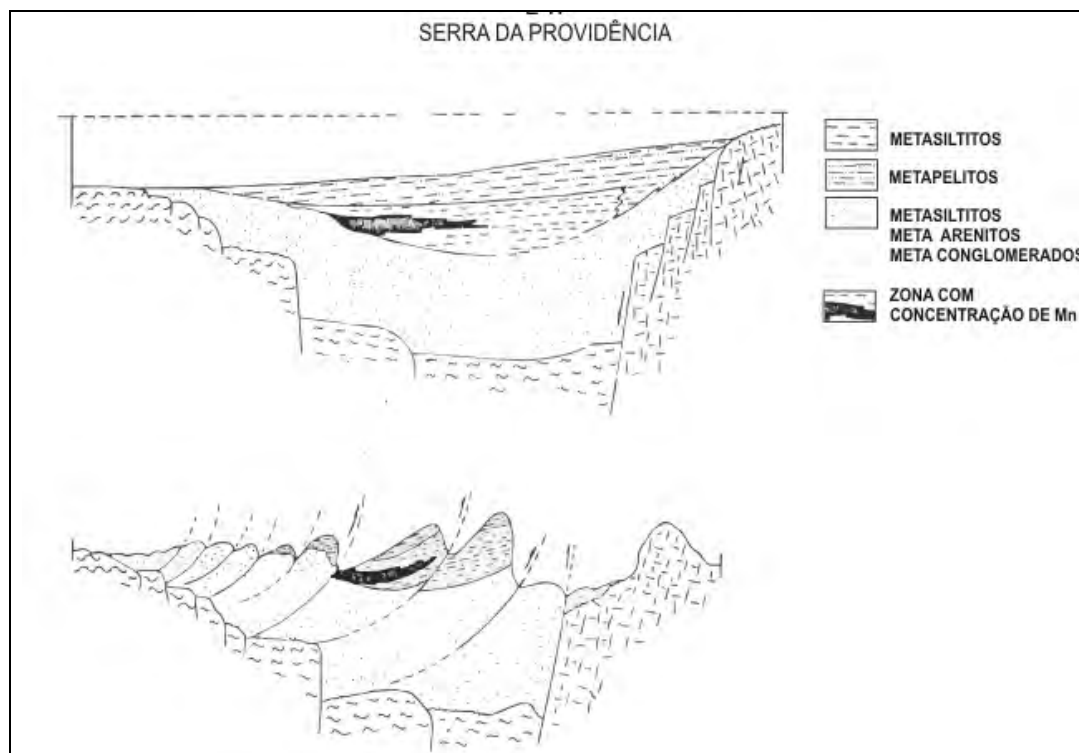
Conforme CPRM (2000), a análise conjunta do contexto estrutural, das relações geométricas e cinemáticas dos elementos de macro e meso-escala, sugere que esta seqüência, na porção nordeste do estado de Rondônia, na região da bacia hidrográfica do rio Roosevelt foi submetida a um evento compressivo oblíquo (ou transpressivo) a partir de um campo tensional regional onde os vetores principais atuaram segundo uma direção NNE-SSW.

De acordo com Soeiro et al. (1977), este mesmo evento foi também responsável pela inversão da bacia, geração de dobramentos suaves e desenvolvimento de grandes estruturas transcorrentes de acomodação de esforços que promoveram, nestas regiões, a verticalização das unidades, segundo um trend E-W a N70E .

Do ponto de vista geomorfológico, a conformação espacial desse grupo é de um amplo hogback posicionado ao longo de NNE que, a partir da Falha da Providência, mergulha com ângulos acentuados (até 70 graus) em direção ao rio Jiparaná. (figura 3.11).

As camadas de rochas que sustentam o hogback têm o mesmo comportamento estrutural, isto é, direções NNE e mergulhos WNW, que parece modificado no sul, nas bacias hidrográficas dos igarapés Lourdes e Tarumã, onde os alinhamentos estruturais desenham figuras em forma de dobra (Soeiro et al., 1977).





Fonte: Projeto Manganês na Serra da Providência (Soeiro et al.ii, 1977).

Figura 3.11 – Evolução geológica da Serra da Providência localizada no centro-sul da área de estudo

**A Suíte Intrusiva Serra da Providência (MP1y<sub>sp</sub>)** é identificada com um expressivo conjunto de corpos granitóides (batólitos e estoques), formando serras isoladas (TASSINARI et al., 1984).

O batólito Serra da Providência posicionado no extremo leste de Rondônia é o mais proeminente, possuindo uma superfície de 140 km de extensão por 40 km de largura e sustenta a Serra da Providência. Exibe algumas estruturas grosso modo circulares. Outros corpos menores (stocks de contornos irregulares são identificados tanto a oeste, quanto a leste da Serra da Providência e se estendem aos estados do Mato Grosso e Amazonas.

Estes corpos de plutonitos intrusivos estão relacionados com um importante evento magmático, ocorrido no Mesoproterozóico (1.600 – 1.570 MA), que de acordo com CPRM (2004) se manifestou por um período superior a 50 Ma.



Figura 3.12 - Suíte Intrusiva Serra da Providência

Fotos: Autora, novembro/2006

O granito Serra da Providência mantém contato estrutural com os litótipos do Grupo Roosevelt. Esse contato é definido por uma extensa estrutura planar, de direção NNE, denominada Falha da Providência (Leal et al., 1978). De acordo com Soeiro et al. (1977), essa falha estabelece o plano através do qual os sedimentos epiroclásticos epimetamorfizados ou não da Serra da Providência foram empurrados contra o batólito. As rochas foram afetadas por uma suave deformação relacionada com a Orogenia Rondôniense (1.250 MA – 1.000 MA), evento geológico que imprimiu notável deformação e metamorfismo regional ao que hoje é definido como Faixa de Xistos Rondônienses. Nas zonas de cisalhamento que deformaram as rochas graníticas, são comuns os milonitos e ultra-milonitos.

Outras falhas NE e NW também são individualizadas no batólito, porém sem designação própria e de menor envergadura se comparadas com a Falha da Providência.

**Suíte intrusiva Cacoal (MP2c):** predominam dunitos, olivina gabro, serpentinito. De forma subordinada ocorre pirogênito, gabro, anortosito. A datação de rocha ultramáfica (K-Ar) forneceu idade de 1372 ± 21 Ma (Romanini, 1992). (Apresentam formas circulares a elipsoidal com alongação máxima na direção NW CPRM, 2004).

Este complexo ultramáfico aflora na região de Cacoal, incluem stocks básicos e ultrabásicos. Ocorre na borda norte do gráben de Pimenta Bueno. Ocorre na área centro/sul da ZA, no Mato Grosso ao norte da terra Indígena Igarapé Lourdes.

**O Grupo Palmeiral (Mnp1):** intercalações de arenitos arcoseanos e ortoquartzitos, com laminações plano-paralelas e marcas de ondas, com intercalações de conglomerados polimíticos, arcóseos, siltitos, argilitos e quartzitos em zona de cisalhamento.

Esta unidade repousa discordantemente sobre o Embasamento Pré-Rondôniano Indiferenciado. Constitui uma cobertura tabular sendo representada por arenitos arcoseanos, localmente ortoquartzíticos, brancos a vermelhos arroxeados, exibindo estratificações cruzadas, plano-paralelas e marcas de ondas, com intercalações de conglomerado maciço ou com estratificação incipiente composto por polimíticos, arcóseos, siltitos, argilitos e quartzitos, em zona de cisalhamento.

A presença de seixos até matacões caracteriza uma carga de leito muito elevada como ocorre em sistemas de canais fluviais de baixa sinuosidade. Os arenitos desta formação são finos a médios, ocorrendo subordinadamente com frações grossas, com seleção de moderada a boa, porém tornam-se mal selecionados quando ocorrem no interior de ortoconglomerados, quando apresentam estratificação cruzada tabular (BAHIA, 1997).

O Grupo Palmeiral aflora como uma cobertura tabular com agrupamentos de morros testemunho tipo inselbergs que apresentam superfície desnuda nas partes mais elevadas, tipo lagedos. Ocupa a porção centro norte da área da ZA, divisa Mato Grosso e Amazonas na bacia do Madeirinha; em Rondônia no interflúvio Madeirinha/Ji-paraná/Machadinho (norte da área).



Figura 3.13 – Rochas do Grupo Palmeiral (Prosperança)

Fotos Autora, novembro/ 2008

**Suíte Intrusiva de Rondônia (NP4yro)** – composta por sienogranito equigranular, monzogranito porfirítico, ortoclásio granítico, ortoclásio sienito, microsienito, topázio-albita-granito e topázio-riolito. Os sienogranitos e monzogranitos apresentam feições rapakivíticas com megacristais de feldspato alcalino. Associados ocorrem mineralizações primárias de Sn, W, Nb-Ta, Be, F e sulfetos. O minério encontra-se nos pegmatitos com topázio e berílio, corpos de greisen com quartzo, mica litinífera e topázios com cassiterita, wolfranita, berílio e

sulfetos de Cu-Pb-Zn e Fe. Também aparecem associações com fluorita, esfalerita, calcopirita, pirita e galena.

A Suíte Intrusiva de Rondônia têm ampla distribuição na porção centro-norte de Rondônia. Na ZA ocorrem intrusivos nas rochas do grupo Palmeiral, na Suíte Intrusiva São Romão (MT) e nas rochas do Complexo Jamari. Os contatos são irregulares, abruptos, com presença de enclaves nas encaixantes. (CPRM, 2004b).

Os maciços graníticos ocorrem como batólitos e estoques de forma sub-circular, variando de 2 a 25 km de diâmetro, alojados segundo estruturas N-S e NE-SW, principalmente. Estruturas vulcânicas e subvulcânicas, tipo diques anelares e subsidência de caldeira, ocorrem em alguns maciços. Há ocorrência de garimpo de cassiterita e pedras semipreciosas relacionadas a esta unidade. Geomorfologicamente se apresentam em forma de domo dissecado ao norte da ZA, próximo da confluência do Rio Madeirinha e Roosevelt e na bacia do rio Machadinho.



Figura 3.14 – Rochas da Suíte Intrusiva de Rondônia

Fotos Autora, outubro/2006

As **Coberturas Cenozóicas** da região reúnem os depósitos terciários e quaternários continentais, organizados como coberturas sedimentares indiferenciadas terraços fluviais pleistocênicos e depósitos de planície de inundação/canal fluvial ou aluviais e distribuídos principalmente ao longo do sistema fluvial Guaporé-Mamoré-Alto Madeira, cuja morfogênese é controlada por fatores litológicos, climáticos e especialmente tectônicos. Na ZA ocorrem:

**Coberturas sedimentares indiferenciada com Lateritos Imaturos (Q1i)** ou pouco evoluídos, desenvolvidos sobre distintos litótipos, com saprólitos, horizontes mosqueados, colunar, concrecionário-colunar, e arenitos ferruginizados, às vezes magnesíferos, associados no interior de perfis e barrancos de cursos d'água e de contato/interface litológica. As rochas geralmente têm uma idade Neogênica (Plioceno-Mioceno), embora possa incorporar menores quantidades de materiais Quaternários (RADAMBRASIL, 1978).



Figura 3.15 a, b, c, d, e f – Seqüência sedimentar do rio Ji-paraná

a - Topo com solo seguido de conglomerado; b, c e d – Camadas areníticas e conglomeráticas; e – contato abrupto argilito/conglomerado; f - Rocha da base.

A seqüência acima também é encontrada em trechos da Formação Palmeiral, no curso do rio Roosevelt no Amazonas.

As Coberturas Neogênicas Indiferenciadas e os Terraços Fluviais Pleistocênicos (QPt) fazem parte de uma extensa superfície pediplanada conservada, com morrotes residuais de rochas mais antigas e trechos de dissecação muito suave originando interflúvios tabulares, de altimetria situada entre 100 e 150 m, denominada de Planalto Dissecado da Amazônia Ocidental (RADAMBRASIL, 1978).

Os Terraços Fluviais são compostos de material pobremente selecionado, compreendendo fragmentos de laterita, areia e argila depositados acima do nível médio dos cursos d'água atuais.

Topograficamente, os terraços constituem áreas situadas acima do nível médio das águas dos rios atuais. A fácies colúvio-aluvionar está relacionada com o relevo base pediplanado e constitui a base da seqüência, sendo caracterizada por intercalações de sedimentos arenosos heterogêneos com material argiloso ou silto-argiloso, às vezes conglomeráticos, mostrando contatos bruscos entre si. Os terraços fluviais ocorrem principalmente nas margens esquerda dos rios Ji-paraná e Madeirinha.

Os **Sedimentos Aluvionares e Coluvionares Holocênicos (Q2a)** ocorrem em uma ampla faixa de terreno, que acompanha todo o curso do rio Ji-paraná. Essa Unidade é constituída por materiais detríticos compostos de cascalhos, areias, siltes e argilas, de natureza predominantemente aluvial, enriquecidos de matéria orgânica (restos de troncos, galhos e folhas de árvores). Estrutural e morfologicamente são representados pelas feições deposicionais recentes que comportam os sedimentos do leito ativo e planícies de inundação dos cursos de água, dando origem aos depósitos do tipo barra de canal longitudinal e transversal, barra em pontal, diques marginais e bacias laterais de inundação.

Os depósitos em planícies de inundação sazonais, representados principalmente por material areno-argiloso rico em matéria orgânica. Possuem pouca

extensão representativa para a escala adotada. Aparecem em faixas estreitas ao longo do Rio Ji-paraná e Madeirinha e nos secundários de maior porte.

### 3.2.3.2 - Tectônica e Coberturas Neogênicas na Região

No contexto tectônico da América do Sul, o setor sudoeste do Cráton Amazônico foi afetado parcialmente pela Orogenia Andina durante o Terciário. Reativações subseqüentes também aconteceram nesta porção do Cráton, com efeitos diretos por sobre as rochas do substrato onde se instalou o sistema fluvial do rio Madeira (LATUBRESSE e RODRIGUES. 1998).

Os fatores tectônicos responsáveis pela morfogênese do sistema fluvial do rio Madeira e, por extensão, de toda a paisagem cenozóica regional, estão relacionados às movimentações tectônicas reflexas da Orogenia Andina, e também, como resultado da deformação intraplaca imposta pela atuação de um conjugado dextral de direção E-W, com componentes transtensivas e transpressivas orientadas nas direções NE-SW e NW-SE, respectivamente, gerado pela rotação da Placa Sul-Americana para oeste (Costa et al., 1996), que promoveram a reativação de linhas estruturais herdadas do Pré-Cambriano e instalação de novas linhas de fraqueza (LIMA, 1988; CAMPOS e TEIXEIRA, 1988).

Segundo Costa e Hasui (1996), a Região Amazônica foi afetada por importante evento extensional, no Paleozóico, o que resultou no desenvolvimento das bacias dos rios Solimões, Amazonas, Parnaíba, Alto Xingu e Parecis.

Os processos que culminaram na abertura do oceano Atlântico e a separação dos continentes sul-americano e africano perfazem a evolução mesozóica da região. Foram gerados, através desses processos, desnivelamentos de blocos, com surgimento de altos e depressões, sedimentação e magmatismo (CPRM 1999). Os indícios dessa reativação tectônicos, relacionados à abertura do oceano Atlântico, estão presentes pela sobreposição de falhas e fraturas de orientação WNW e NE e por magmatismo Juro-Cretáceo, seguidos por uma sedimentação com características continentais, fluvial e eólica.

Os movimentos neotectônicos só se desenvolveram após o período de estabilidade do Oligoceno, propiciando o desenvolvimento de estruturas diversas que afetaram as rochas pré-Cambrianas, Paleozóicas e Mesozóicas,



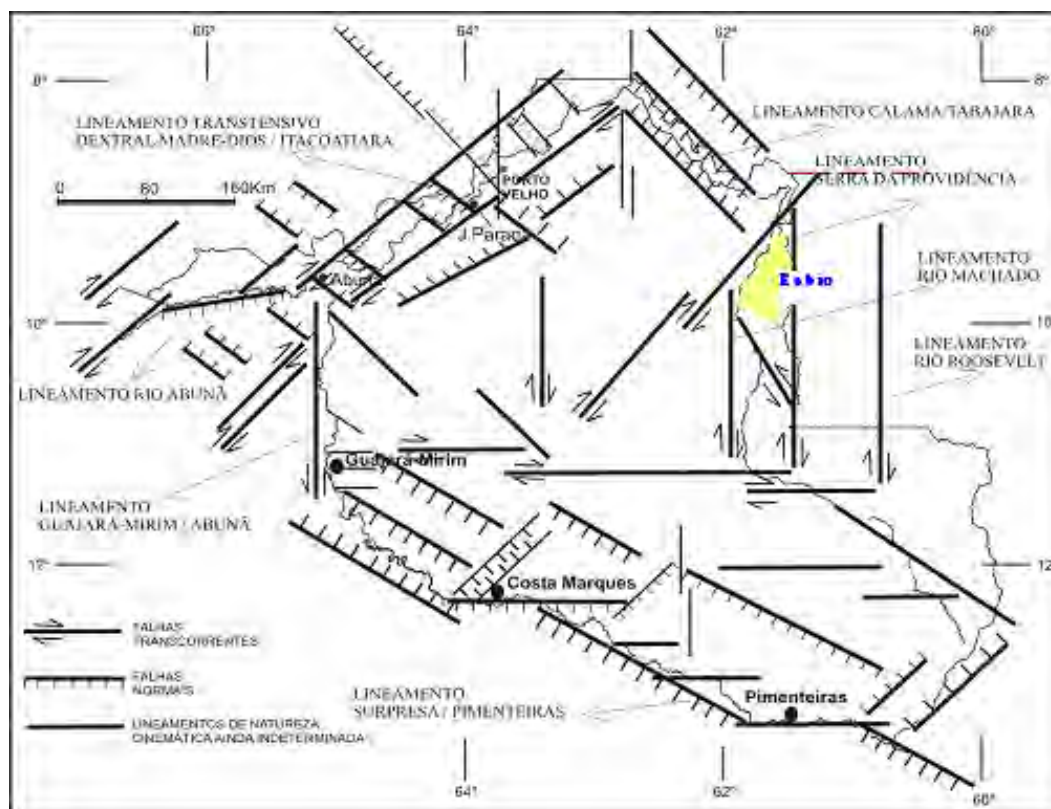
conseqüentemente controlando a sedimentação e influenciando no desenvolvimento do sistema de drenagem mais moderna.

Segundo Costa e Hasui, (1996), na região são caracterizadas áreas transpressivas e transtensivas, causadas por dois eventos de movimentação – o primeiro, do Mioceno/Plioceno, e o segundo, do Pleistoceno Superior/Recente, com o resgate, em determinadas áreas de linhas de fraquezas, especificamente suscetíveis a reativações. A atividade tectônica para o período Mioceno/Plioceno desenvolveu-se sob a atuação de um campo tensional decorrente possivelmente da interação colisional entre as placas de Nazca e Sul-Americana, com imposição de um vetor compressional NE-SW. Como conseqüências desse quadro tectônico, foram gerados abatimentos de blocos nas regiões norte/nordeste e sul/sudoeste do Estado de Rondônia, com a ocorrência de depocentros (Planície do Guaporé) e regiões peneplanizadas.

Outra nova fase de estabilidade, relativamente curta, domina o período entre o Plioceno Superior e o Médio, com o desenvolvimento de uma superfície de laterização. A retomada da atividade tectônica no Pleistoceno recente desenrolou um modelo admitindo a atuação de um vetor compressivo NW-SE, responsável pelo estabelecimento de um binário transcorrente dextral com direção geral E-W (gerado pela rotação da plataforma Sul-Americana para oeste), lineamentos transtensivos dextrais NE-SW, falhas normais de direção em torno de NW-SE e falhas inversas NE-SW. É marcante, nessa última fase, o abatimento expressivo de várias regiões, tal como o baixo Madeira, com anomalias significativas na morfologia e morfometria das redes de drenagem que constituem os sistemas deposicionais fluviais desses domínios.

O quadro tectônico da região de Rondônia é constituído por um sistema de falhas e grandes lineamentos (Figura 4.11) estruturais que controlam a rede de drenagem atual.

Na figura se destacam o Lineamento Transtensivo Surpresa-Pimenteiras, orientado segundo uma direção NW-SE, no Vale do rio Guaporé; o Lineamento Compressivo Guajará-Mirim-Abunã, de direção NS, na região entre as localidades de Guajará-Mirim e Abunã; o Megalineamento Transtensivo Dextral Madre de Dios-Itacoatiara, de direção SW-NE, na região de Abunã; e o Lineamento Calama-Tabajara, de direção NW-SE, na região nordeste do estado de Rondônia.



Fonte: Costa e Hasui, 1996, compilado de CPRM, 2000

Figura 3.16 - Megalignamentos regionais do Estado de Rondônia

A área da ZA da Reserva Biológica do Jarau está encaixada entre os falhamentos de natureza transcorrente do Rio Ji-paraná, a oeste e Serra da Providência e Roosevelt, a leste. Ao Norte a o lineamento Calama-Tabajara. Outras falhas e lineamentos aparecem descritos dentro das unidades geológicas da região e representados no mapa Geológico da Reserva Biológica do Jarau e entorno.

### 3.2.3 – ASPÉCTOS GEOMORFOLÓGICOS

A área de estudo está situada morfoestruturalmente no Escudo Brasil Central limite com a Bacia Sedimentar Amazônica (Amazonas/Solimões) e inserida nas unidades morfoesculturais do Planalto Dissecado Sul da Amazônia e na Depressão Marginal Sul Amazônica, Ross (1999).

Conforme Tecnosolo (1998), o relevo da região passou, durante longos períodos de tempo, por severos processos de denudação, fato comprovado pela existência de extensas superfícies de aplanamento.

Conforme Latrubresse e Rodrigues (1998), o soerguimento do relevo, causado por movimentos tectônicos ocorridos durante o Cenozóico, associados às oscilações climáticas ocorridas teve como consequência novas fases de processos de incisão e de peneplanação, especialmente nas zonas ao redor dos rios principais.

A longa duração dos processos de intemperismo em clima tropical úmido resultou na formação de solos lateríticos, paleossolos, paleopavimentos detríticos e depósitos rudáceos. Os vários movimentos tectônicos resultaram em deformações nas áreas aplanadas, escarpadas e nas superfícies tabulares, como também nas planícies aluviais e terraços dos rios principais. Esse fenômeno causou algumas mudanças no direcionamento dos leitos dos rios da área onde ocorrem amplas e inativas planícies aluviais. Ao longo dos rios principais, as planícies aluviais atingem grandes áreas, sendo extensamente largas.

#### 3.2.3.1 – Organização Fisiográfica da Área

Para este estudo, utilizamos como base para adequação e análise de toda área, o mapeamento geomorfológico do ZSEE-RO, na escala 1:250.000, realizado por Latrubresse e Rodrigues apud Tecnosolo (1998), que adotou o sistema de Unidades Geomorfológicas, cuja definição aborda quatro vertentes: 1. a morfogênese; 2. a morfoestrutura; 3. a morfometria e; 4. a morfocronologia.

A legenda original é apresentada em dígitos, composto por letras e números: Letra Símbolo - corresponde a principal unidade morfográfica e morfogenética; A (Planícies Aluviais e Depressões); D (Unidades Denudacionais); S (Unidades

Estruturais/Denudacionais); E (Unidades de Intemperismo); 1º dígito - corresponde à unidade geomorfológica; 2º dígito - corresponde à subunidade geomorfológica; 3º dígito - corresponde (se aplicado) aos detalhes fisiográficos, por ex. grau de dissecação do terreno, e; 4º dígito - corresponde (se aplicado) à densidade de *inselbergs/tors/hillocks* e presença de cobertura ferruginosa.

Utilizando a SRTM e os mapas do Convênio IBEGE/SISCEA no Global Mapper, complementaram-se, mediante fotointerpretação, as áreas correspondentes ao Mato Grosso e Amazonas. Posteriormente, adequou-se a legenda do mapa.

Através desta metodologia e pela análise das formas de relevo distribuídas na região, fisiograficamente a maior parte da área da ZA Reserva Biológica do Jaru se encontra dentro do **Domínio de Superfícies Regionais de Aplanamento**; 2. **Domínio das Serras constituídas por Rochas Sedimentares**, e; **Unidades Agradacionais** representadas pelas **planícies** do rio Ji-paraná, Madeirinha e tributários.

1. **Domínio de Superfícies Regionais de Aplanamento** que compreende extensas superfícies aplanadas por processos de pediplanação. Tem como embasamento as rochas do piso regional encobertas parcialmente por sedimentos indiferenciados do Terciário-Quaternário. Estas superfícies têm caimento geral no sentido dos grandes rios que cortam a área de estudo.

Nestas superfícies são comuns intenso processo de meteorização das rochas e formação de espessos mantos de colúvios e solos, terrenos lateríticos, presença de *inselbergs* e *tors*<sup>5</sup> em quantidades variáveis, que caracterizam relevo poligenético complexo. Estes *inselbergs* persistiram na paisagem em função de seu posicionamento geográfico, afastados das grandes redes de drenagem e também em função de diferenciação litológica e estrutural. Podem ser classificados em três diferentes Níveis:

- Nível I – altitudes acima dos 300 metros; se desenvolve sobre rochas cristalinas e rochas sedimentares;
- Nível II – altitudes entre 200 e 300 metros; ocorre sobre rochas cristalinas com quantidades variáveis *inselbergs*;

---

<sup>5</sup> *Inselbergs* são formas residuais com feições variadas com cristas, cúpula, domos cujas encostas mostram declives entre 50 e 60 graus; *Tors* são pontões (matacões) dispersos pelo terreno.

- Nível III – cotas inferiores a 200 metros com feições similares ao níveis anteriores.

As superfícies de aplanamento (D2) estão associadas ao embasamento Rondoniano e classificadas como Nível II e III. A **Superfície de Aplanamento Nível II**, com relevo situado entre 200 e 300 metros, apresenta na área quatro subdivisões (D22) em função de diferentes índices de dissecação e presença e densidade de agrupamentos de inselbergs e campos de matações. A **Superfície de aplanamento Nível III**, com relevo situado abaixo da cota de 200 metros, apresenta dissecação alta e esporádicos inselbergs e tors (**D 23**).

Dispersos pela área ocorrem diversas morros classificadas como unidades denudacionais (D) formadas por **Agrupamentos de morros ou colinas** (D.3) abertos (D31) e densos (D32) com relevos alçados até 200 m acima do nível de aplanamento, apresentando inselbergs e dissecação baixa à média.

## 2. Domínio das Serras constituídas por Rochas Sedimentares Antigas

Aparecem classificados em:

- Superfícies Tabulares (S1): compreende uma série de relevos elaborados sobre rochas sedimentares, compostos por interflúvios amplos e levemente tabulares, com fundos de vale geralmente abertos e amplos. As Superfícies Tabulares (S1) estão localizadas na parte centro norte da ZA, nos terrenos sedimentares da Formação Palmeiral. Neste domínio, são comuns lagedos expostos e relevos residuais tipo inserbergs.

- Formas Circulares em Estruturas Plutônicas (S2): correspondem a áreas onde as estruturas das rochas intrusivas modelam a morfologia do conjunto de morros e colinas, refletindo-se também na rede de drenagem, que chega a possuir padrão anelar e radial. Neste agrupamento aparecem as serras Prata, da Maracatiara, do São Francisco, do Compartimento, da Onça e do Monte Cristo.

- Agrupamentos de Morros e Colinas com Controle Estrutural (S3): conformam relevos em forma de Morros e Colinas, geralmente agrupados e localmente denominados de serras, pois se encontram alçados a mais de 100 m dos relevos aplanados, que geralmente os circundam. Neste agrupamento destaca-se a Serra do Moquém ou Lajedo, próxima dos 300 m de altitude.

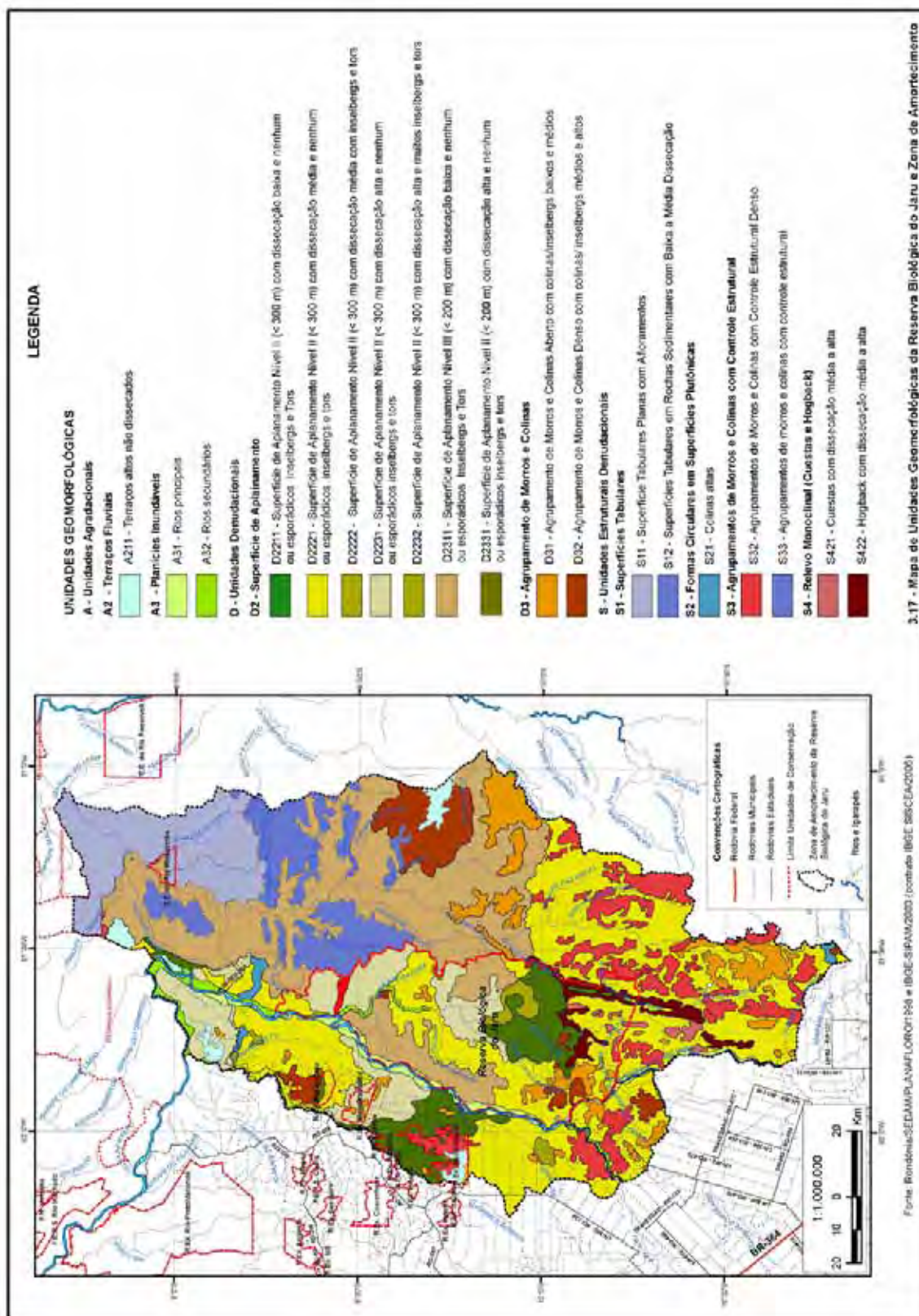
- Cuestas e Hogback (S4): relevos assimétricos, associados à faixa de dobramentos, com grande amplitude e correspondendo, nesta área, a relevos de caráter residuais circundados por superfícies de aplanamento.

A Serra da Providência, com 525 m de altitude está inserida nas Unidades estruturais/denudacionais - S, sendo classificada como **Unidade Denudacional com controle estrutural** (S.4) do tipo Cuesta e Hogback com dissecação baixa (S.421) e dissecação média alta e (S.422), nas áreas de maior altitude), com presença de Foothslopes (D) de dissecação média (D12). Compreendem relevos assimétricos, associados à faixa de dobramentos, com grande amplitude e correspondendo, nesta área, a relevos de caráter residuais circundados por superfícies de aplanamento (D22 e D23).

3. **As planícies** do rio Ji-paraná, Madeirinha e tributários com altitudes em torno dos 100 metros, classificadas como **Unidades Agradacionais** (A) subdivididas em **Planícies inundáveis e vales** (A3) de rios Principais (A31) e Secundários (A32). Os **Terraços fluviais** aparecem ao longo dos rios Principais.

Estes domínios podem ser visualizados no mapa de Geomorfologia da área, figura 3.17 e se encontram descritos no Quadro da Caracterização das Unidades Fisionômicas da Zona de Amortecimento da Rebio Jarú (figura 3.1).

Figura 3.17 - Mapa de Unidades Geomorfológicas da Reserva Biológica do Jarú e Zona de Amortecimento



### 3.2.4 – ASPÉCTOS PEDOLÓGICOS

Em função da diversidade litológica e do relevo, os solos da Reserva Biológica do Jarú e Zona de Amortecimento apresentam grandes variações em suas propriedades morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas.

Nas serras e cristas com influência de rochas intermediárias ou básicas são predominantes os Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelo Distróficos e manchas de Nitossolo Vermelho Distrófico, Neossolos Regolíticos e Neossolos Litólicos.

Nas áreas tabulares, com a Formação Palmeiral, os Argissolos Vermelho-Amarelo Distróficos são predominantes associados aos Neossolos Quartzarênicos.

Nas depressões interplanálticas, em ambientes ainda dissecados com relevo de topos aplainados ou em encostas que drenam para os cursos d'água, ocorrem os Latossolos Amarelos Distróficos.

Os Plintossolos são mais comuns nos terços médios e inferiores de encostas, onde afloram as plintitas, porém também podem ocorrer em relevos aplainados, onde são predominantes Latossolos e com menor frequência Argissolos Amarelos.

Nos terraços aluviais, próximos aos igarapés, em ambiente de hidromorfismo ocorrem Gleissolos Háplicos e mais raramente os Melânicos.

De acordo com a Embrapa (1999), estes solos têm as seguintes características:

**1. Os Latossolos Amarelos Distróficos (LAD)** com manchas de Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (LLD) estão mapeados em boa extensão na área da ZA Reserva Biológica do Jarú. LAD, LLD e LVD - Latossolos (Amarelo, Vermelho-Amarelo, Vermelho-Escuro, Vermelho Eutrófico): horizonte B Óxico e/ou Câmbico, bastante intemperizados, apresentando, como principais minerais derivados da argila, caolinita, gipisita, minerais amorfos e sesquióxidos de ferro e alumínio. Em razão da forte lixiviação, a capacidade de troca catiônica é baixa, sendo baixas, também, as quantidades de cálcio, magnésio, potássio e sódio adsorvido. Tendem a desenvolver níveis importantes de troca aniônica, refletindo o processo químico natural de reversão da degradação desses solos através da lixiviação, complementando a ação de insetos típicos do solo (formigas e térmitas). Ocorre em áreas de relevo plano, suavemente ondulado a ondulado, condicionado a diferentes graus de erosão, que pode variar de não aparente a laminar sob floresta aberta e aparecem sobre as rochas do Embasamento (Complexo Jamari e São Romão).



**2. Argissolos Amarelo e Vermelho Amarelo Distrófico (PVaD)** caracterizam-se pelo horizonte B textural argiloso, ácidos, freqüentemente álicos e distróficos, com baixa saturação de bases. O tipo de argila predominante é a caolinita, embora seja comum a ocorrência de óxido e sesquióxidos de ferro e alumínio. Alguns dos solos desta unidade apresentam texturas argilosas, franco-argilosos, francas ou areno-argilosas, intermediários entre Latossolos e solos plínticos. Aparecem sob floresta densa e afloramentos rochosos relevo forte ondulado e montanhoso, com rochas graníticas (Serra da Providência, Suíte São Romão) e/ou sedimentares da Formação Palmeiral e do Grupo Roosevelt.

**3. Neossolos Litólicos Distróficos e Eutróficos (RD e RE):** pouco desenvolvidos, rasos, possuindo apenas o horizonte A, com textura arenosa ou média arenosa, assentado diretamente sobre a rocha ou sobre o horizonte C de pequena espessura (seqüência de horizonte AR ou ACR). É friável quando úmido e pegajoso quando molhado. São normalmente encontrados em terrenos de forte declividade e erodidos. Freqüentemente são pedregosos e, devido a sua escassa profundidade e relevo, dificilmente são agricultáveis. Na área, ocorrem associados à Neossolos Regolíticos ou afloramentos rochosos da Suíte Granítica Serra da Providência em contato com rochas do Grupo Meta Vulcanossedimentar Roosevelt, no rebordo da Serra da Providência, divisa com Mato Grosso; na Serra do Moquém e no norte da ZA, e se desenvolveram a partir de rochas sedimentares da Formação Palmeiral possuindo pouca espessura e comporta vegetação rupestre sobre lajedos.

**4. Neossolos Quartzarênicos (Q)** São solos minerais pouco ou muito pouco desenvolvidos não apresentando horizonte diagnóstico. São originários de arenitos ricos em quartzo ou em aluviões ou colúvios transportados. Em geral, os solos apresentam características restritivas, tanto físicas, quanto químicas. São excessivamente drenados, muito porosos e suscetíveis a erosão, desprovidos de minerais primários e extremamente pobres de nutrientes.

Ocorrem em relevo plano, suave ondulado e ondulado (no rebordo de Serra), associados à Planossolos Hidromórficos sob relevo plano coberto de Cerrado. Ocorrem no norte da ZA na área da Formação Palmeiral.

**5. Neossolos Flúvicos (AD):** Estes solos são freqüentes nos baixios (baixos topográficos) ao longo do rio Ji-paraná e Madeirinha e secundário. São solos formados a partir de depósitos aluviais (sedimentos e materiais transportados pela água), nas margens dos rios, onde sua fertilidade natural é dependente do teor de nutrientes dos materiais depositados. Na área aparecem associados aos Gleissolos Distróficos e Plintossolos. Possuem pH entre 4,8 e 5 e os teores de cálcio e magnésio se apresentam mais elevados nas áreas freqüentadas por animais, como os barreiros.

**6. Gleissolos Distróficos (GD)** são solos ocorrentes em regiões com excesso de água, quer temporal, quer permanente. Na área esses solos se desenvolveram a partir de depósitos aluviais ao longo dos rios Ji-paraná e Madeirinha e afluentes principais. Além da restrição decorrente do excesso de umidade, apresentam baixa fertilidade, pH baixo e altos níveis de saturação de alumínio. Estão incorporados entre os solos Hidromórficos juntamente com os Gleis Hidromórficos cinzentos, areias quartzosas heteromórficas, Plintossolos e outros. Possuem drenagem precária com déficit acentuado de oxigênio e excesso de hidróxido de ferro, os quais, normalmente, restringem o crescimento de espécies tolerantes à inundação. Estes solos são freqüentes nos baixios (baixo estrutural e topográfico) ao longo dos Rios Ji-paraná e Madeirinha.

**7. Plintossolos (PT):** solos mal drenados, freqüentemente denominados “*Ground Water Laterites*” (laterita em presença de água subterrânea). Normalmente apresentam baixa capacidade de troca e fertilidade. Sua principal característica é a notória presença de plintitas no horizonte B, o qual pode originar um endurecimento irreversível, quando drenado. Aparecem em trechos nos barrancos do rio Tarumã, Ji-paraná e Madeirinha

**8. Cambissolos:** se caracterizam pela presença de horizonte “câmbico”, o qual contém uma boa proporção de mineráveis intemperizáveis. São solos álicos, de textura média ou argilosa, com atividade de argila baixa. A consistência a seco é dura e, friável; quando úmida é plástica. São pouco a moderadamente profundos e ocorrem nas encostas das colinas. Desenvolveram-se a partir de rochas ácidas possuindo, em geral, baixa fertilidade e reação ácida. Em função do seu relevo e de

suas características físicas são muito suscetíveis à erosão se desprovidos da sua cobertura vegetal. A drenagem varia de moderadamente a bem drenado. Na ZA apresentam caráter distrófico.

Ocorrem em toda borda da Serra da Providência associados ao Argissolo Distrófico. Na área aparecem com cascalho a 1 m de profundidade o que leva ao elevado número de árvores caídas nas encostas, principalmente naquelas onde ocorre o fenômeno do *blound down*, caracterizado pela ação de ventos fortes.

**9. Neossolos Regolíticos:** caracterizam-se pela presença de matacões de mais de 1 m de diâmetro, ocorrendo em relevo escarpado, sob vegetação de cerrado. Diferenciam-se em: afloramentos rochosos sob relevo plano e suave ondulado associado aos solos Litólicos Distróficos e aos Argissolos Vermelho-Amarelo; afloramentos rochosos em relevo forte ondulado e montanhoso associados a solos Litólicos Distróficos com atividade baixa e textura indiscriminada. Estes solos são característicos das áreas das serras em geral. Apresentam erosão laminar na floresta e ravinas nas estradas. Nas serras onde não ocorreu o desmatamento, verifica-se camada de serrapilheira até 10 cm de espessura, que conferem elevado teor de matéria orgânica apresentado nas amostras, estando diretamente relacionada com a manutenção da floresta sobre estes afloramentos e vice-versa.

A distribuição destes solos na área de estudo é apresentada na figura 3.18.

Os solos apresentam uma suscetibilidade natural à erosão em função das características físico-químicas. A textura, a estrutura, a drenagem e a declividade do terreno são fatores que, em conjunto, respondem sobre a menor ou maior ação dos processos erosivos.

Figura 3.18 - Mapa de Solos da Zona de Amortecimento da Rebio Jaru

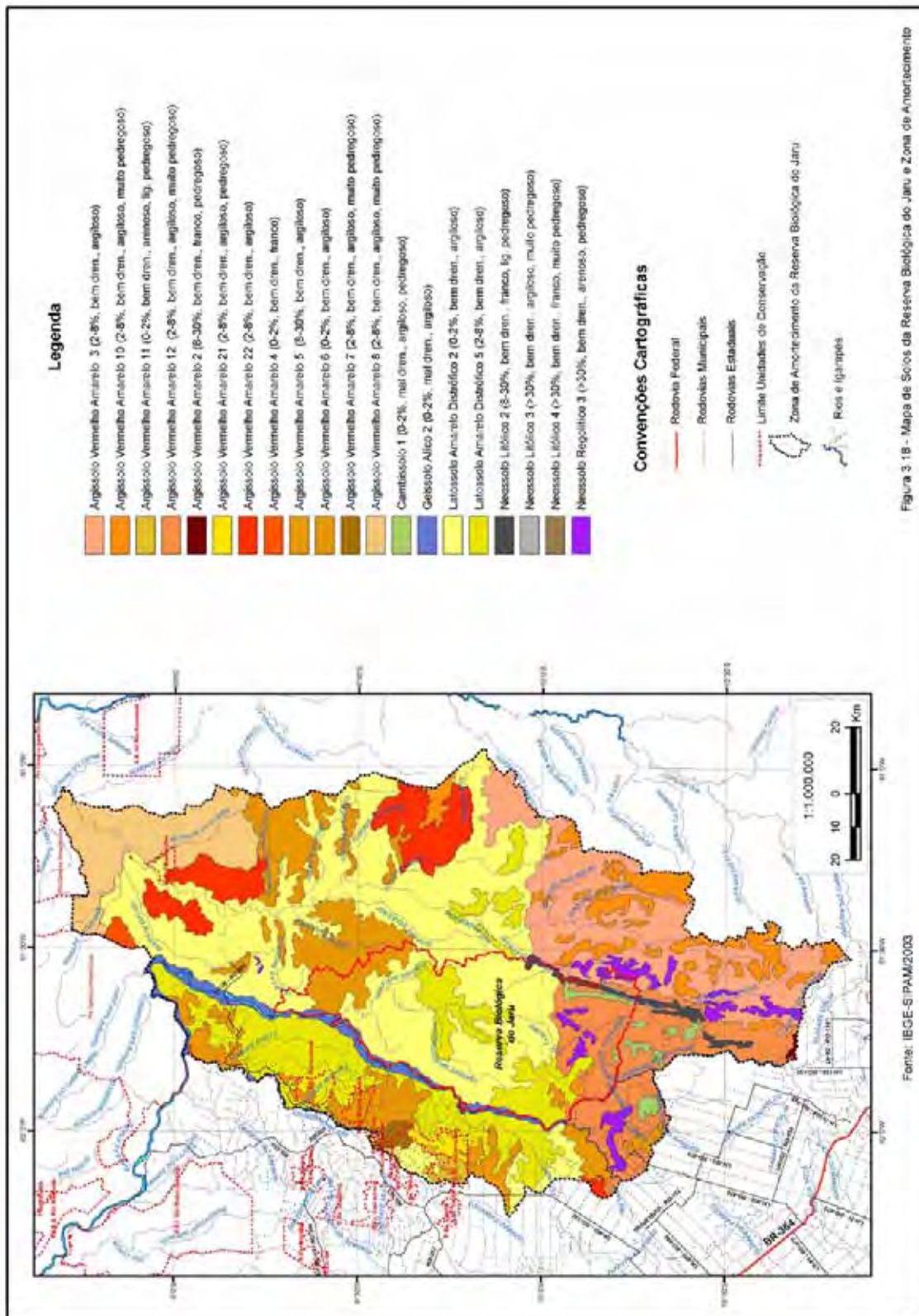


Figura 3.18 - Mapa de Solos da Reserva Biológica do Jaru e Zona de Amortecimento

Utilizando metodologia de Mendes (1984) com a classificação da vulnerabilidade à erosão dos solos do Brasil para os solos presentes na ZA, temos o seguinte quadro: estão classificados como solos com forte suscetibilidade a erosão os solos Argissolo (PVa6), Neossolo Litólico (AR3 e AR2), Neossolo Regolítico (ED5), e vulnerabilidade moderada a forte sobre os sobre os Argissolos (PVAD5), e Cambissolos distróficos (CD1) e moderadas em (PVAD10, PVAD12, PVD3 PAD6); o Latossolo (LAD2), Neossolo Flúvico (AD1) com Gleissolo (GD2) e Cambissolo (CD2) a erosão é considerada nula ou normal em função da declividade baixa, nas áreas de ocorrência destes solos.

As áreas de serras, em função da declividade acentuada e da litologia que levam a formação de solos de textura arenosa ou areno-argilosa. Ao norte, os solos Quartzarênicos resultantes da formação Palmeiral, e as áreas com problemas de drenagem (margens do Rio Ji-paraná, Tarumã e Madeirinha), são constituídas por solos naturalmente suscetíveis à erosão. Em todas as áreas onde foram abertos caminhos e estradas, verifica-se a presença de sulcos e ravinas, principalmente nos trechos onde a área possui declividade superior a 8%.

O Latossolo LAD2 e LAD6, considerados mais resistentes aos processos erosivos, se encontram mapeados em maior extensão na área. Em Rondônia, as áreas de ocorrência destes solos estão utilizadas com pastagens e lavouras de subsistência. Com manejo inadequado, estes solos apresentam elevado grau de degradação em pouco tempo de uso com ocorrência de processos erosivos.

### 3.2.4 – ASPÉCTOS DA COBERTURA VEGETAL

O mapa de cobertura vegetal fornece elementos de análise sobre a proteção do solo à erosão. A área de estudo ainda possui 88% da cobertura florestal. A maior parte do desmatamento se encontra no lado oeste, no Estado de Rondônia.

Os diferentes substratos e a grande diversificação nos regimes de chuvas promovem inúmeras fisionomias na área. Conforme o ZSEE-RO (SEDAM/PLANAFLOORO, 1998) ocorrem na área de estudo, cinco tipos de formações fito-ecológicas recobrando esta área que são: Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Ombrófila Densa, Vegetação de Transição ou de Contato, Cerrados e Formações Aluviais Pioneiras, com sub-divisões conforme descritas abaixo:

**Floresta Ombrófila Aberta:** esta formação está presente na maior parte da região. É uma vegetação com características muito associadas ao relevo, se apresentando na área como:

- a) Floresta Ombrófila Aberta de Terras Baixas, com maior distribuição, ocorre nas áreas com altitudes inferiores a 100m;
- b) Floresta Ombrófila Aberta Aluvial, com ocorrência nas áreas sujeitas a alagamentos freqüentes;
- c) Floresta Ombrófila Aberta Submontana, esse tipo encontra-se nas superfícies com altitudes entre 100 e 600 m.

Em linhas gerais, esta formação pode ser caracterizada pelo dossel descontínuo, o que possibilita maior penetração de luz, e a formação de um estrato inferior mais denso. O estrato superior (dossel) é formado por árvores que podem atingir alturas com cerca de 30m.

**Floresta Ombrófila Densa:** esta formação também pode ser dividida em subtipos dependendo do tipo de relevo onde se encontre. Na área ocorrem:

- a) Floresta Ombrófila Densa Aluvial, ocorre ao longo do rio Madeirinha e do Ji-paraná;

- b) Floresta Ombrófila Densa Submontana, ocorre nos compartimentos da Serra da Providência e no interflúvio Ji-paraná/Machadinho

**Savana (Cerrado):** esta formação está muito associada às características do relevo e do solo, oriundos de rochas sedimentares arenosas. Pode-se diferenciar o Cerrado em vários tipos, de acordo com a sua composição florística. Na área de estudo, ocorrem:

- a) Savana *gramíneo-lenhosa* (cerrado herbáceo-arbustivo; campos limpos e sujos e de murundu);
- b) Savana Arbórea (*Cerrado*)
- c) Savana Florestada - *Cerrado denso* (Cerradão).

Estas formações são encontradas na bacia do Rio Machadinho e no interflúvio Ji-paraná/Madeirinha, interdigitadas com a vegetação de transição e a floresta ombrófila aberta. Também ocorrem no centro da ZA, na Serra do Moqué, associados aos afloramentos da Formação Palmeiral.

**Vegetação de Transição ou de Contato:** esta formação vegetal tem como principal característica a mescla de espécies tanto do Cerrado como da Floresta, em uma estrutura que não apresenta uma biomassa igual a da floresta, mas com uma fisionomia muito parecida a esta. Como o seu nome sugere, esta formação vegetal surge nos espaços de passagem entre uma formação do tipo floresta e outra do tipo Cerrado. Ocupa áreas de solos arenosos e antigos terraços fluviais. Aparece no norte da área na divisa com o Estado do Amazonas e no interflúvio norte entre as bacias do rio Ji-paraná e Madeirinha e em menor proporção na bacia do rio Machadinho.

**Formações Aluviais Pioneiras:** As formações pioneiras de influência fluvial estão distribuídas principalmente ao longo dos grandes rios da região, nas áreas de baixios (baixos topográficos) periodicamente inundáveis. Na área são encontrados os seguintes subtipos dessa formação:

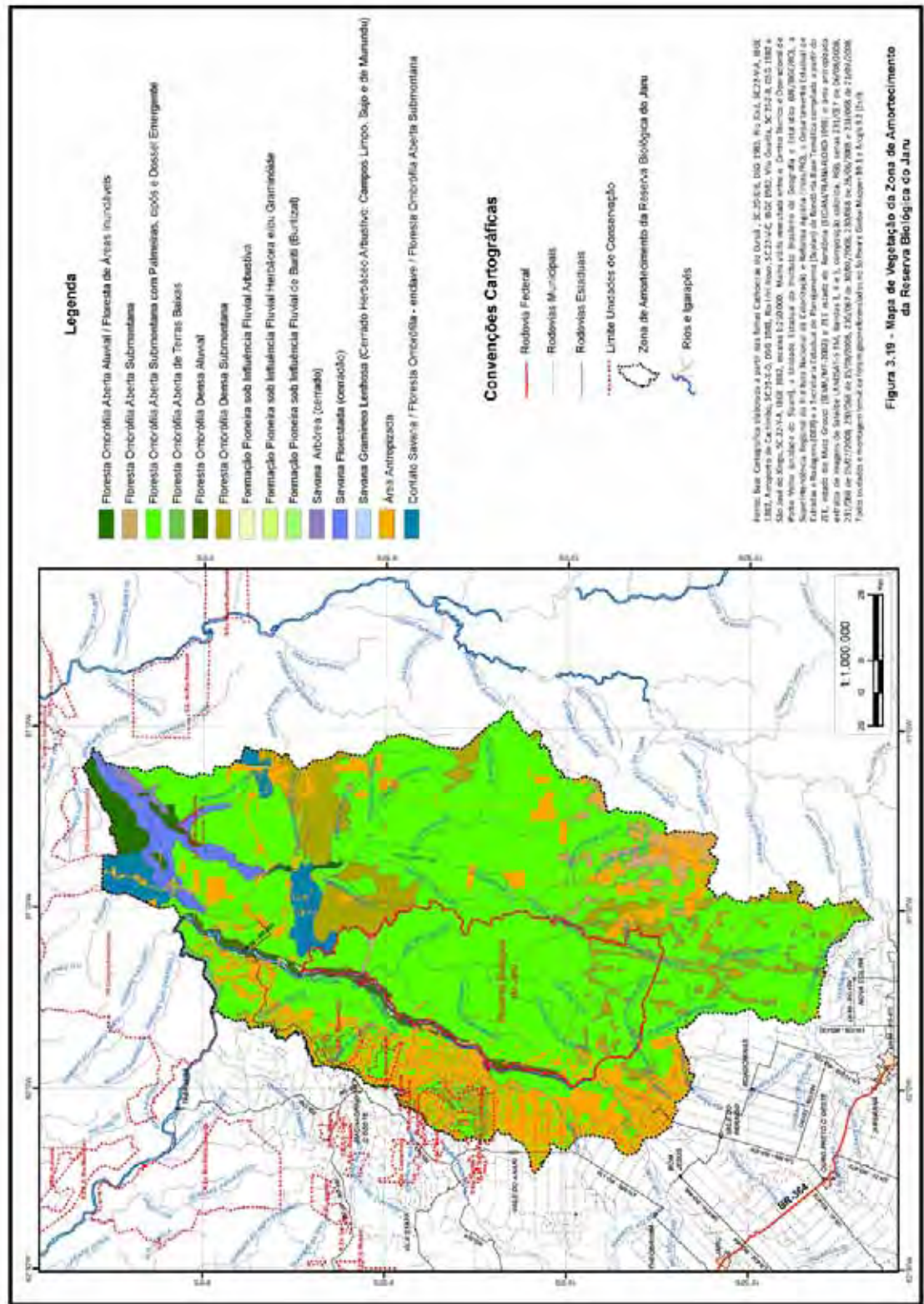
- a) Formação Pioneira sob influência fluvial com Buritis (buritizais) ocorre em pequenas manchas em toda planície do rio Ji-paraná e Madeirinha,

também, em meio à floresta, ocupando paleocanal nas nascentes do Soledade na bacia rio Madeirinha;

- b) Formação Pioneira arbóreo-arbustiva sob influência fluvial é encontrada no baixo rio Ji-paraná e Madeirinha e em ilhas ao longo dos rios, tendo à arbórea, elementos de buritis esparsos e, a arbustiva, espécies lenhosas de pequeno porte, mais comum nas áreas de deposição mais recente.
- c) Formação Pioneira sob influência fluvial herbácea ou graminóide, ocorrem nas baixadas arenosas.



Figura 3.19 - Mapa de Vegetação da Zona de Amortecimento da Rebio Jaru



### 3.2.5 – ORGANIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM

A Zona de Amortecimento se encontra no Interflúvio das bacias do Rio Ji-paraná e Madeirinha (afluente do rio Roosevelt) que são integrantes da bacia hidrográfica do Madeira.

Estes rios atravessam a área paralelamente, no sentido norte/sul, e afluem para bacias distintas: o rio Ji-paraná deságua diretamente no rio Madeira (RO) e o Madeirinha no rio Roosevelt (AM), que também é afluente do rio Madeira.

O principal divisor de águas na região é a Serra da Providência com 525 m de altitude, limite entre Rondônia e o Estado de Mato Grosso (figura 3.21).

A serra da Providência tem característica alongada, com direção norte-sul, e a maior parte das nascentes dos rios ocorre ao longo dos flancos leste e oeste desta serra, alimentando estas bacias.

Os rios são importantes elementos de localização em áreas densamente florestadas. Em face disto, e para facilitar a localização das ocorrências dos dados analisados apresenta-se a rede hidrográfica e a sub-divisão da área em bacias e sub-bacias da área de estudo (figuras 3.20 e 3.22, respectivamente).

#### 3.2.5.1 - Bacia do Rio Ji-paraná

O rio Ji-paraná é o principal curso do setor oeste da Zona de Amortecimento da Rebio Jarú. Toda a rede hidrográfica que nasce dentro da Reserva Biológica do Jarú faz parte desta bacia, o que facilita a Gestão da Unidade de Conservação. É um rio navegável o ano inteiro. Seu curso se encontra encaixado em lineamentos estruturais de ordem regional e atravessa rochas do Embasamento Regional (Complexo Jamari), graníticas da Suíte Intrusiva Serra da Providência, metavulcanossedimentares do Grupo Roosevelt e Sedimentares da Formação Palmeiral.

Seus principais afluentes na Zona de Amortecimento da Rebio Jarú são os rios Jarú, Anari e Machadinho, todos situados na margem esquerda, a oeste da Reserva Biológica do Jarú. Pela hierarquização estabelecida por Straller (1957, apud Christofolletti, 1980) o rio Ji-paraná ou Machado é um rio de 7ª ordem.

Figura 3.20 – Mapa da Rede Hidrográfica da Reserva do Jaru e Zona de Amortecimento

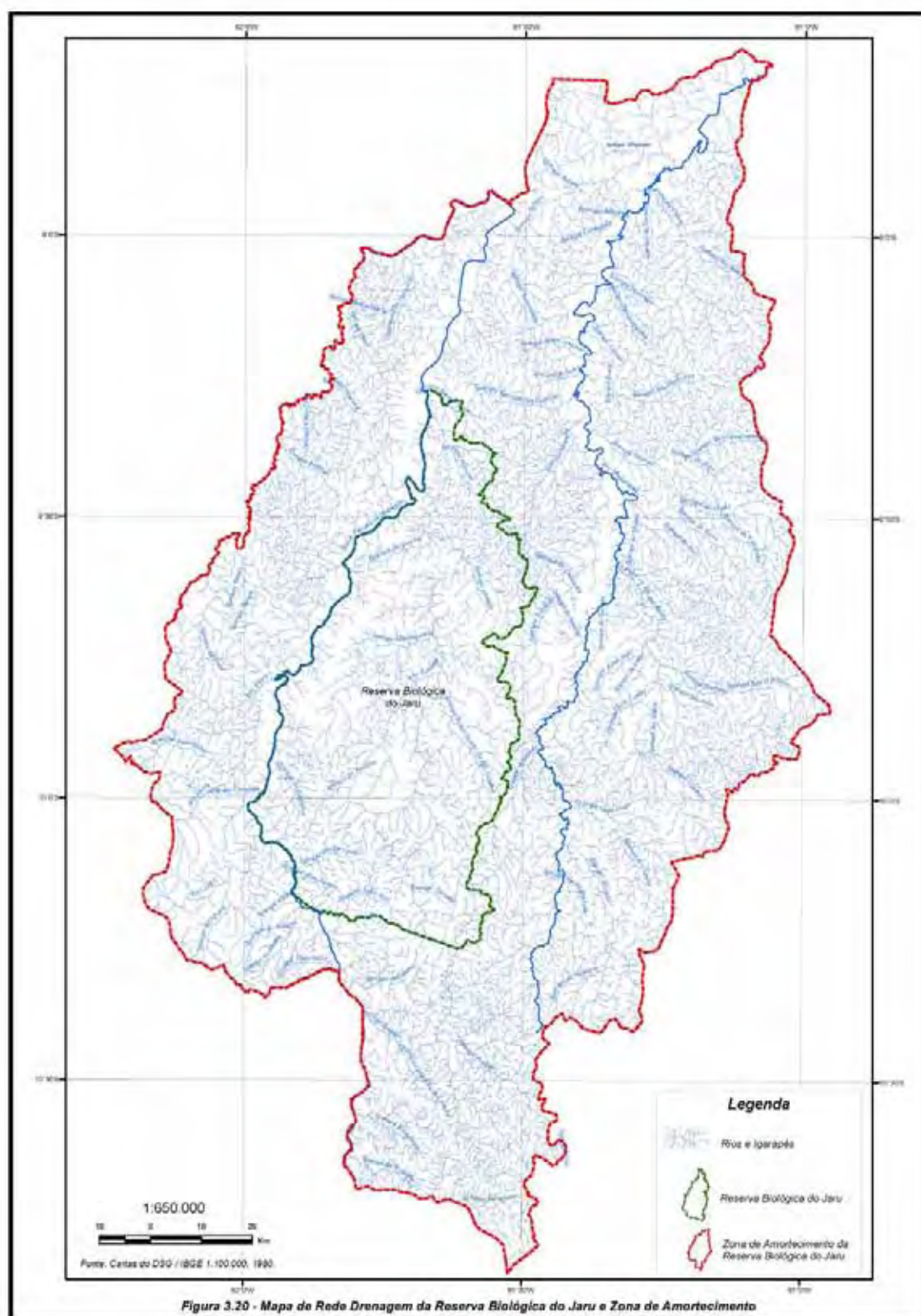
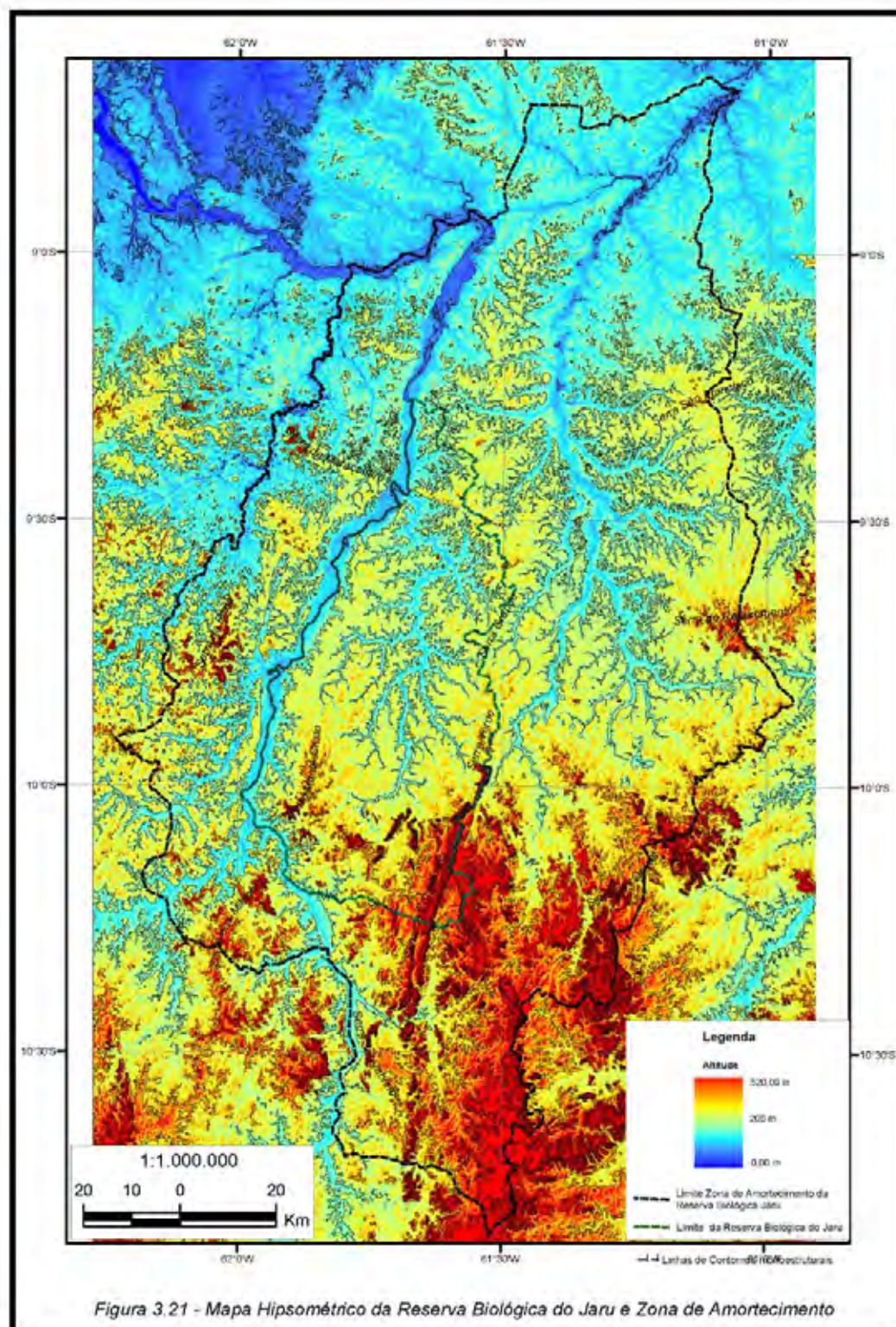


Figura 3.21 – Mapa Hipsométrico da Reserva do Jaru e Zona de Amortecimento





⇒ N

Figuras 3.22 a e b - Área de Corredeiras e ilhas no rio Ji-paraná na área da ZA da Rebio Jaru

Fotos: Autora, 2008

O rio Machadinho tem suas nascentes dentro da área da Zona de Amortecimento, na serra da Prata e deságua no rio Ji-paraná, no município de Machadinho do Oeste, próximo a localidade de Tabajara. Na área predominam as fazendas de gado e minerações de cassiterita.



⇒ N

Figuras 3.23 a e b - Confluência do rio Machadinho no rio Ji-paraná e cachoeira São Vicente

Fotos: Rafaela Damico, novembro/2006

O rio Jaru desemboca a sudoeste da Reserva Biológica do Jaru, próximo a sede da Unidade de Conservação. A bacia do rio Jaru é uma das mais impactadas em Rondônia. Este rio atravessa vários municípios e quase não apresenta mata ciliares ao longo do seu percurso. O esgoto urbano é uma das principais fontes de poluição desse rio.

O rio Anari banha o município do Vale do Anari e deságua no rio Ji-paraná próximo a localidade denominada de Piratini. Nesta bacia predominam as fazendas de gado e as florestas foram substituídas por pastagens.

A principal sub-bacia hidrográfica no interior da Reserva Biológica do Jaru é a do rio Tarumã (99% dentro da Reserva). Apresenta formato alongado, no sentido norte-sul. Os principais afluentes pela margem direita são o Braço Direito do Tarumã, e o Igarapé Grande. Pela margem esquerda encontram-se o Braço esquerdo do Tarumã, Igarapé do Manduquinha e do Atoleiro. Possui muitas corredeiras, e flui sobre os afloramentos graníticos da Suíte Serra da Providência e granitos do Complexo Jamari.



Figuras 3.24 a e b - Trecho do rio Tarumã e cachoeira da Liberdade

Fotos: Autora, novembro/2006

Inúmeros rios de pequeno porte (igarapés), que nascem na Zona de Amortecimento da Reserva Biológica do Jaru, caem diretamente no curso do rio Ji-paraná. Os mais importantes na margem direita são: os Igarapés Monte Cristo, Cajueiro, o Gaivota, o Pascana, Buenos Aires, o Igarapé Lourdes, Prainha e o

Igarapé Água Azul; na margem esquerda os igarapés Toledo, dos Milagres e Tarifa.

### 3.2.5.2 - Bacia do Rio Madeirinha

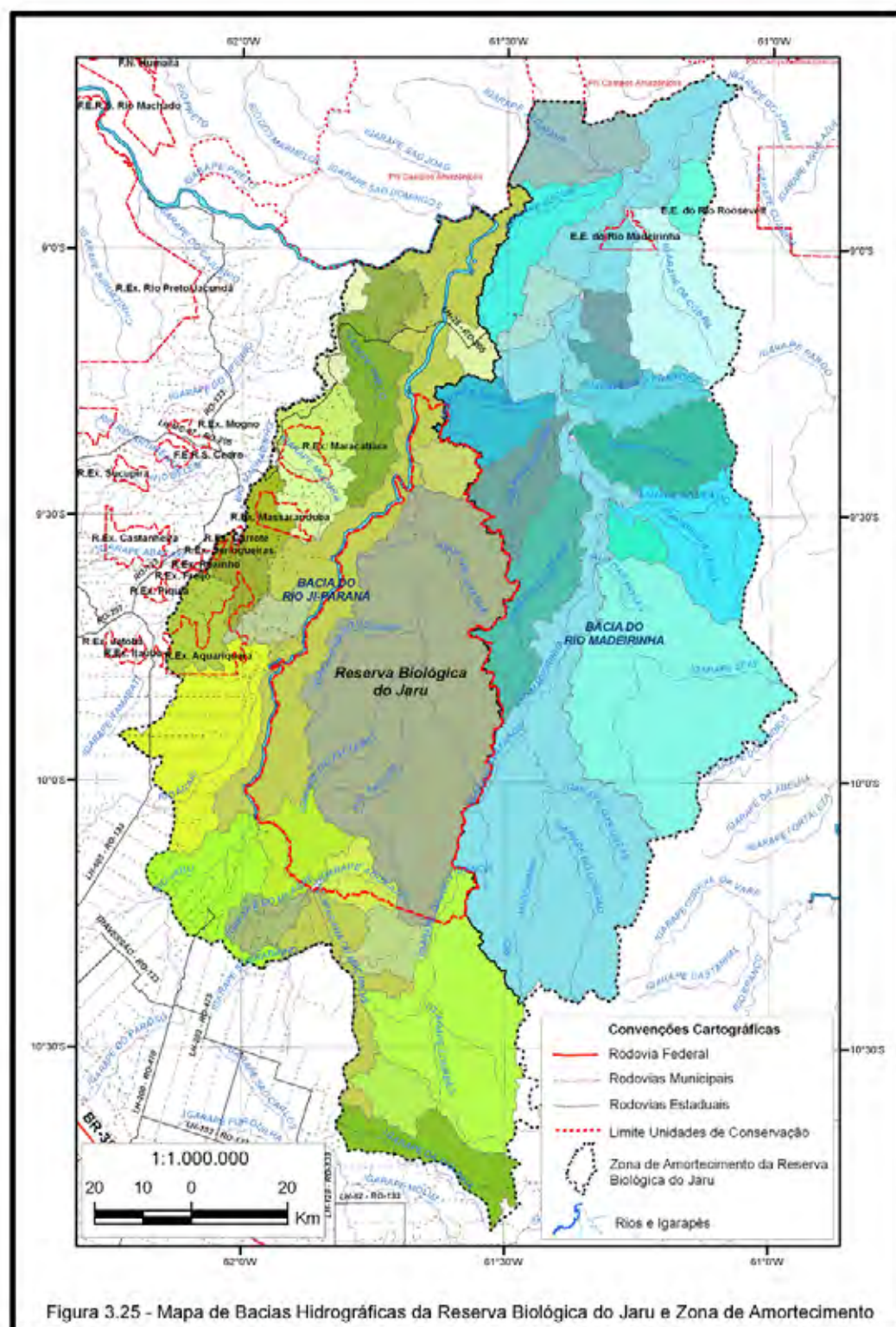
O rio Madeirinha nasce na encosta leste da Serra da Providência, em território Mato-Grossense. Tem seu curso principal no sentido NS, sob influência da falha da Providência (o mais extenso lineamento estrutural da área, com mais de 200 km de extensão).

Esse rio nasce e corre em contato com as rochas metavulcanossedimentares do Grupo Roosevelt, da Suíte Intrusiva Cacoal e Serra da Providência. Na planície, a geologia da área varia entre os granitos da Formação São Romão e extensa área de Sedimentação Tércio-Quaternária. Ao norte, a partir do Igarapé do Moquém corre em contato com as rochas sedimentares da Formação Palmeiral. Possui largura próxima aos 100 metros, mas é um rio extremamente raso, o que dificulta a navegação nos períodos de estiagem.

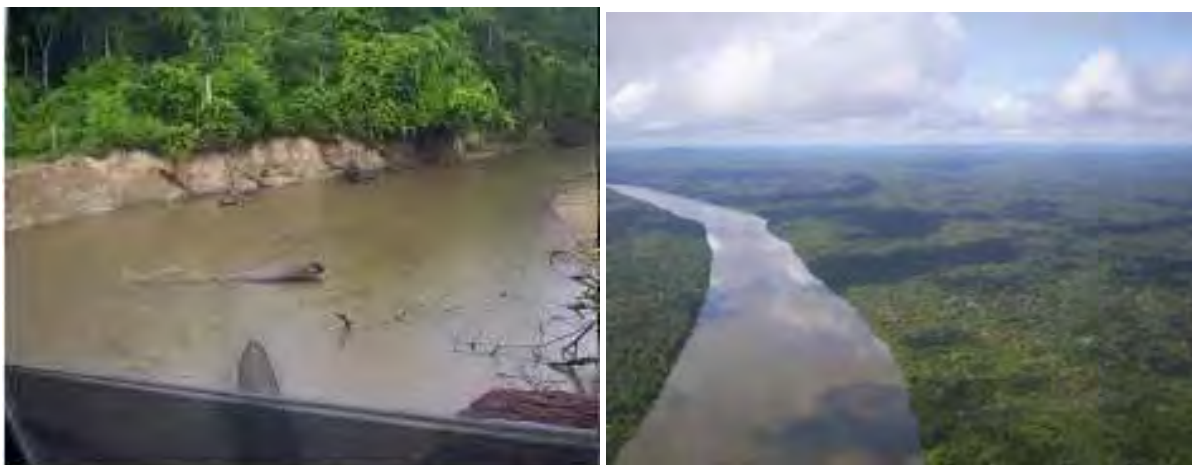
Seus principais afluentes na ZA da Reserva Biológica do Jarú são os rios Soledade e das Rosas, e os igarapés do Moquém, Dois Irmãos, Cordão, das Onças, Seis Contos, do Veado, do Furo, São Francisco, da Cobra, Cujubim, Japim, Sucuri, Jatuarana e Taboca, entre outros. Pela hierarquização estabelecida por Straller (1957, apud Christofolletti, 1980) o rio Madeirinha é um rio de 7ª ordem.

O maior impacto nestas sub-bacias é a extração madeireira e o garimpo. Algumas áreas de mineração desativadas ocorrem o garimpo (cassiterita, ouro e pedras preciosas). No Sudeste da bacia do Madeirinha, a principal atividade é a agropecuária.

Figura 3.25 – Mapa de Bacias Hidrográficas da Reserva do Jaru e Zona de Amortecimento







Figuras 3.26 a e b - Rio Madeirinha – nascentes no Mato Grosso e próximo a confluência no Rio Roosevelt, no Amazonas

A síntese das características físicas da área é apresentada no Quadro da Caracterização das Unidades Fisionômicas da Reserva Biológica do Jaru e Zona de Amortecimento (quadro 3.1).

Quadro 3.1 - Caracterização das Unidades Fisionômicas da Reserva Biológica do Jaru e Zona de Amortecimento

Unidades	Unidades Geomorfológicas		Geomorfologia	Morfologia	Endemismo: Unidades	Formações Superficiais	Tipos de Solos	Diversidade Específica							
	Unidade	Características													
Unidades desfiladeiras	Unidade D1	Formação do tipo Desfiladeiro	Terreno plano e topografia baixa	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais							
		Formação do tipo Desfiladeiro							Terreno plano e topografia baixa	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais
	Unidade D2	Formação do tipo Desfiladeiro	Terreno plano e topografia baixa	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais						
		Formação do tipo Desfiladeiro								Terreno plano e topografia baixa	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais
		Formação do tipo Desfiladeiro								Terreno plano e topografia baixa	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais
		Formação do tipo Desfiladeiro								Terreno plano e topografia baixa	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais
Unidade D3	Formação do tipo Desfiladeiro	Terreno plano e topografia baixa	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais							
	Formação do tipo Desfiladeiro								Terreno plano e topografia baixa	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	
Unidade D4	Formação do tipo Desfiladeiro	Terreno plano e topografia baixa	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais							
	Formação do tipo Desfiladeiro								Terreno plano e topografia baixa	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	Solo de inundação, com rios e canais	

Quadro 3.1 - Caracterização das Unidades Fisionômicas da Reserva Biológica do Jaru e Zona de Amortecimento [modificado de Rondônia/SEDAM/FLANAF/LORO-1988]

## 4 - MATERIAIS E MÉTODOS

Esta sistemática de estudo utilizou os seguintes materiais e métodos:

### 4.1- MATERIAIS

Base cartográfica elaborada a partir de:

- Imagens SRTM (NASA 2000) cenas 11W62S, 11W63S, 10W61S, 10W62S, 10W63S, 9W61S, 10W62S, 9W63S, em escala de 1:250.00 e trabalhadas em nível de detalhe na escala 1:100.000.
- Imagens LANDSAT TM 5 (INPE, 2008), órbitas e pontos 231/067, 231/06, 230/066, 230/067, 230/068 e 231/068, composição colorida RGB, bandas 3,4 e 5, adquiridas no site do INPE e georreferenciadas e montadas em mosaico da área no Software Global Mapper 10.1®.
- Cartas topográficas folhas Cachoeiras do Curuã , SC.20-X-B, DSG 1983, Rio Xixé, SC.22-V-A, IBGE 1982, Aeroporto de Cachimbo, SC.21-X-D, DSG 1983, Rio Iriri Novo, SC.22-V-C, IBGE 1982, Vila Guarita, SC.21-Z-B, DSG 1982 e São José do Xingu, SC.22-Y-A, IBGE 1982, escalas 1:250.000 e o desdobramento destas em escala 1:100.000, adquiridas em arquivos digitais e registradas no sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM), DATUM South American 1969 (SAD69), Brasil. A partir do registro de cada carta topográfica, elaborou-se um mosaico com as mesmas.
- Mapas e Publicações do Serviço Geológico do Brasil DSG-CPRM (2004), Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Folha SC 20 – Porto Velho (2004), Geologia e Recursos Minerais do Estado de Rondônia (2000), Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso (2004) e Geologia e recursos minerais do Estado de Amazonas (2007).
- Mapas Contrato IBGE/SISCEA (Projeto SIVAM), 2006, em escala 1:500.000 e do (Mapa de Geomorfologia da Amazônia; Mapa de Solos da

Amazônia; Mapa de Hidrografia da Amazônia; Mapa da Cobertura Vegetal da Amazônia).

- Mapas do ZEE-RO, SEDAM/RONDÔNIA (1998) em escala 1:250.000 para os temas Geomorfologia e Solos.
- Base Temática compilada a partir do ZEE, estado do Mato Grosso (SEMA/MT-2002) e ZEE estado de Rondônia (SEDAM/PLANAFLORO-1998)
- Mapa de uso da terra elaborado a partir de imagens de Satélite LANDSAT-5 TM, Bandas 3, 4 e 5, composição colorida, RGB, cenas 231/067 de 06/08/2008, 231/066 de 05/07/2008, 230/066 de 15/08/2008, 230/067 de 30/07/2008, 230/068 de 28/06/2008 e 231/068 de 21/07/2008.
- Malha viária (2008) executada entre o Centro Técnico e Operacional de Porto Velho (unidade do Sistema de Proteção da Amazônia - SIPAM), Unidade Estadual do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (UE/IBGE/RO), Superintendência Regional do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA/RO), Departamento Estadual de Estradas e Rodagens (DER) e a Secretaria Estadual de Planejamento (SEPLAN) de Rondônia.
- Relatórios de campo dos estudos do meio físico (Della Justina e Machado in: Estudos para a Revisão do Plano de Manejo da Reserva Biológica do Jaru, IBAMA, in pres.) realizados entre 2005-2007 e nas anotações de campo do Diagnóstico do Meio Físico para o Plano de Manejo do Parque Nacional dos Campos Amazônicos, em andamento.
- Software Global Mapper 10.1® (GLOBAL MAPPER SOFTWARE LLC, 2008)
- Arc Gas 9.2 (ESRI, 2008)®.
- Todos os dados e montagem temática foram georreferenciados no Software Global Mapper 10.1 e ArcGis 9.2 (Esse).

## 4.2 - MÉTODOS

### 4.2.1- LEVANTAMENTO DE CAMPO

Os estudos para o Diagnóstico foram realizados por ocasião da revisão do Plano de Manejo da Reserva Biológica do Jaru, para a qual foram realizados os levantamentos sobre os componentes do meio físico, cumprindo parte da fase necessária para a inicialização do processo de Zoneamento.

Os trabalhos de campo foram realizados junto ao IBAMA, em três campanhas, (Nov/2008) sendo duas para os estudos do Meio Físico para a Revisão do Plano de Manejo da Reserva Biológica do Jaru (abril e Nov/2006) e uma para o Diagnóstico do Meio Físico para elaboração do Plano de Manejo do Parque Nacional dos Campos Amazônicos.

O primeiro sobrevôo, ocorrido em novembro de 2005, fez parte do início do Planejamento do Plano de Manejo, com reconhecimento e tomadas de fotos aéreas da área. À partir dele, e com uso de mapas e produtos de sensores remotos, planejou-se o caminhamento de campo e foram definidas as unidades a serem amostradas.

Em campo foram realizados registros fotográficos de afloramentos, com anotações do fraturamento e coletas de amostras; para a geomorfologia, registrou-se a característica do relevo e processos geomorfológicos atuantes; para a pedologia foram feitas descrições em campo e coletas individuais de solos. Na descrição da paisagem foram registradas a drenagem, declividade do terreno, presença de pedregosidade, registro da rocha-mãe (se aparente), constituição física e cor do solo e ocorrência de erosão. Os pontos de amostragem dentro das unidades foram georreferenciados, com uso de GPS<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Os relatórios de campo, mapas e imagens fotográficas desta área estão disponíveis em meio digital e podem ser solicitados ao IBAMA-RO. Nesse estudo, utilizamos apenas uma síntese para a caracterização da área de estudo e alguns aspectos relevantes dos resultados obtidos.

A análise da fragilidade ambiental e suscetibilidade natural a erosão foi realizada a partir de produtos cartográficos temáticos (relevo, rede hidrográfica, clima, cobertura vegetal, solos e tipo de litologia) e relatórios obtidos através de levantamentos de campo, seguindo orientação de Ross (2001). A análise da suscetibilidade dos solos á erosão foi feita segundo Mendes (1984.)

As escalas e legendas dessas informações foram adequadas para este estudo. A inexistência de dados dos Estados de Mato Grosso e do Amazonas na escala 1:250.000 levou a necessidade de fotointerpretação da geomorfologia, solos e da vegetação na imagem da SRTM e imagens de satélite, complementada com os resultados do trabalho de campo, para confecção dos mapas.

A fotointerpretação da imagem SRTM foi realizada na escala de 1:100.000 com o uso do Global Mapper e os mapas temáticos foram confeccionados na escala de 1:250.000 e apresentados em escala 1:600.000 e 1:1.000.000.

A análise foi realizada de forma integrada, estando apresentada resumidamente no quadro 3.1- Caracterização das Unidades Fisionômicas da Reserva Biológica do Jaru e Zona de Amortecimento , complementando as descrições do ZEE-RO (RONDÔNIA/SEDAM/PLANAFLORO, 1998).

Este quadro foi um dos produtos intermediários para a caracterização das Unidades Geoambientais da análise Fisiográfica.

#### 4.2.2 - USO DE DADOS DA SRTM

O uso de imagens de satélites, devido ao seu caráter sinóptico, radiometria diferenciada por bandas espectrais distintas tem mostrado ser de grande valia para investigações orientadas ao estudo de áreas extensas, com grande diversidade de paisagens e seus elementos constituintes (Mattos et al. 2008).

A utilização de Modelos de Elevação Digital do terreno (DEM), gerados por radar interferométrico da *Shuttle Radar Topographic Mission* - SRTM (NASA, 2000), a conseqüente possibilidade de extração automática da rede de drenagem e visualização da rugosidade de terreno, contribuíram substancialmente para o emprego da sistemática adotada para as análises Fisiográfica e Morfoestrutural.

A *Shuttle Radar Topographic Mission* - SRTM foi um projeto realizado em fevereiro de 2000, coordenado pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e pela *National Imagery and Mapping Agency* (NIMA) do Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DOD) em articulação com as agências espaciais da Alemanha e da Itália, com o objetivo de produzir dados topográficos digitais para 80% da área terrestre do planeta, entre as latitudes 60°N e 56°S (com resolução de 30m para os Estados Unidos e planejados com 90m para o resto do mundo), que garante uma boa resolução para trabalhos de zoneamentos conforme proposto. O Datum e o elipsóide de referência são WGS84, com dados de Z em metros inteiros. (MIRANDA, 2004).

A utilização de Modelos de Elevação Digital do terreno (DEM), gerados por radar interferométrico da *Shuttle Radar Topographic Mission* - SRTM (NASA, 2000) foram empregados na sistemática de Análise Fisiográfica e Morfoestrutural para:

- 1) Extração automática da rede de drenagem adensada em escala 1:50.000;
- 2) Delimitação de bacias e sub-bacias hidrográficas;
- 3) Localização de Altos e baixos topográficos;
- 4) Extração de lineamentos estruturais.
- 5) Visualização das Zonas de máximos 1 e 2 de traços de juntas;
- 6) Delimitação das Unidades Básicas de Compartimentação (Zonas Homólogas);
- 7) Correções dos polígonos de mapas temáticos (geomorfologia, solos e vegetação)

#### 4.2.3- ANÁLISE MORFOESTRUTURAL

##### 4.2.3.1 - Análise da rede de drenagem

Após a construção e georreferenciamento do mosaico de cartas topográficas da região, a drenagem foi completada, mediante adensamento automático com a extração supervisionada, com os dados do Modelo de Elevação Digital DEM da

SRTM na escala 1:250.000 e adensada para a escala 1:50.000, conforme exemplificado na figura 4.1.

O adensamento da rede de drenagem foi feito através do software ArcGis 9.2 utilizando a ferramenta Hydrology Modeling a partir do DEMSRTM, (número mínimo de células = 50).

A extração da rede de drenagem e dos limites de bacias hidrográficas segue a sistemática de modelagem hidrológica proposto por Deffontaines e Chorowicz (1991). Partindo da definição de rede de drenagem como composta por superfícies contíguas com inclinações ascendentes em todas as direções exceto no sentido do fluxo hidrológico, estes autores propuseram procurar por singularidades, tais como vertentes ou talvegues, as quais serviriam para estabelecer um algoritmo a fim de definir o fluxo a partir das inclinações do trajeto e os grandes gradientes. Utilizando programa computacional, o algoritmo determina as direções de fluxo para cada *pixel* de uma imagem *raster* com base nas cotas desses *pixels* (DEMSRTM).

Desde modo, a direção de fluxo de um determinado *pixel* é estabelecida procurando o *pixel* vizinho que proporcione a maior declividade (diferença de cota/distância). Um dos planos de informação requeridos para a modelagem hidrológica consiste nas áreas acumuladas de drenagem - a área drenada total por cada célula do modelo. Após obter as direções de fluxo de todas as células, o programa parte de cada uma das células e segue a direção do escoamento até sair da imagem. A cada célula encontrada pelo caminho, é adicionada a sua área de drenagem a área da célula de partida, sendo essa área calculada em função das coordenadas geográficas da sua posição. A última fase desse processo é a transferência da informação de linha do *raster*, que representa a rede de drenagem, para o formato vetor (IBANEZ, 2004).

O mapa de drenagem adensada foi utilizado somente para a extração de traços de juntas. Para o mapa de morfoestruturas e de densidade de drenagem a foi utilizada a drenagem da Carta do IBGE, na escala 1:100.000.



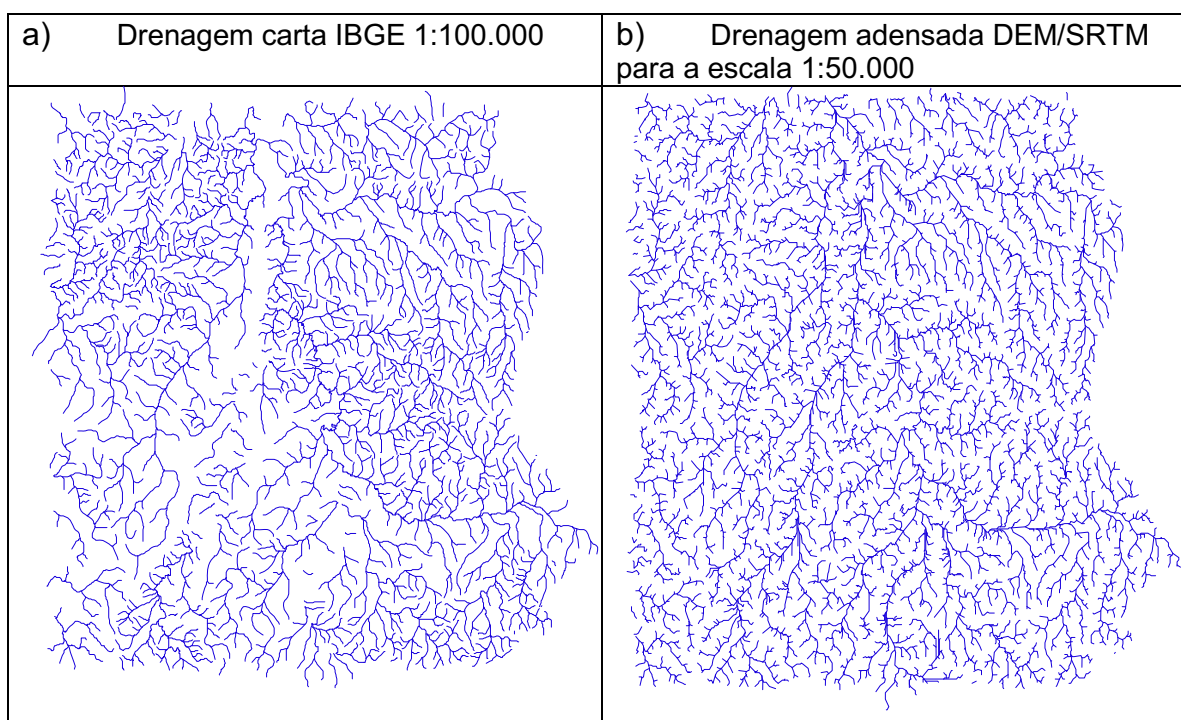


Figura 4.1 a e b – Figuras comparativas: rede de drenagem da carta do IBGE e rede de drenagem adensada utilizando DEM/SRTM

#### 4.2.3.2 – Adensamento da rede de drenagem com a extensão Hydrology Modeling do ArcGis

O adensamento da rede de drenagem mediante uso do software ArcGis 9.2 utilizando a ferramenta *Hydrology Modeling* a partir do Modelo de Elevação Digital (DEM/SRTM) teve os seguintes passos:

1. Instalar a extensão *Hydrology Modeling do ArcGis*
2. Depois de instalar a extensão *Hydrology Modeling do ArcGis* devemos ativar a barra de ferramentas através do *menu View >>Tollbars>>Hidrology Modeling* ou clicando com o botão esquerdo do mouse na barra de ferramentas.
3. Após carregar a extensão, devemos adicionar o MNT que será utilizado para gerar a rede de drenagem.
4. Após adicionar o MNT, vá à barra do Hydrology e selecione a opção “Fill Sinks” (Preencher “drenagem”). Escolha o MNT como o “*input surface*” e os

outros campos podem seguir o padrão (Com essa operação foi gerado o MNT “*Fiel Sink 1*” que é semelhante ao original, com a diferença de os valores dos “*pixels*” adjacentes foram recalculados para que não ocorram valores iguais).

5. A seguir, de volta ao menu Hydrology deve-se escolher a opção “*Flow Direction*” para que a direção do fluxo seja calculada. Escolha o “*Filed Sink1*” como o “*input surface*” e marque a opção “*Force flow at edge*” (Com essa operação foi gerado o “*Flow direction1*” que será utilizado na geração da rede de drenagem).
6. Voltando ao *menu Hydrology*, escolha agora a opção “*Flow Accumulation*” para que sejam calculadas as áreas de acumulação. Escolha o “*Flow Direction1*” como o “*Direction Raster*” e deixe as outras opções como padrão.
7. Tendo gerado o “*Flow Accumulation1*”, pode-se então gerar a rede de drenagem através da opção “*Stream Network As Feature*”, selecionando o “*Flow Direction1*” como “*Direction Raster*” e o “*Flow Accumulation1*” como “*Accumulation Raster*”. Escolha o número mínimo de células do raster que serão utilizados para a geração da rede pois quanto menor o número, mais densa será a rede de drenagem. Dê o nome do arquivo de saída na caixa “*Output Feature*” e clique em OK.
8. Após o processamento a rede de drenagem estará pronta. O número padrão, mínimo de células é 500 (menor adensamento, com baixa densidade de drenagem). Escolha o número mínimo de células de saída (quanto menor o número, por exemplo, 5, mais densa será a drenagem).
9. O número padrão mínimo de células utilizado para este estudo para adensar a rede foi 50, e serviu como base para a extração dos traços de juntas.

O *Software Global Mapper* foi utilizado para a visualização e geração dos produtos com a SRTM.

#### 4.2.3.3 – Densidade de Drenagem

O mapa de densidade de drenagem foi elaborado com o objetivo de extrair zonas distintas quanto à suscetibilidade à erosão.

O mapa de densidade de drenagem foi elaborado a partir da frequência de canais de primeira ordem conforme metodologia definida por Straller (1951, citado por CHRISTOFOLETTI, 1980).

Este mapa foi gerado em meio digital mediante análise estatística dos canais de primeira ordem (carta 1:100.000, IBGE, 1983), pelo estimador de densidade Kernel (*density kernel*) presente na extensão *Spatial Analyst do software ArcGis 9.2*. O estimador opera de forma que cada ponto corresponde apenas a uma ocorrência do evento, estimando a intensidade ou o número de eventos por unidade de área. O estimador de densidade Kernel calcula uma grandeza por unidade de área de polígono, características que se inserem dentro de um raio em torno de cada célula. A densidade é medida de comprimento de linhas por unidade de área.

A modelagem da densidade foi realizada a partir do estabelecimento da unidade de área com 5 Km<sup>2</sup> de raio e células de saída de 500m (unidade de representação no mapa). Foram estabelecidas quatro classes para os valores, de forma a mostrar zonas de densidade de frequência de canais/ km<sup>2</sup> Muito Baixa (cor branca), Baixa (amarela), Moderada (laranja) e Alta (vermelho).

#### 4.2.3.4 – Padrões de formas da rede de drenagem

A análise dos padrões de formas da rede de drenagem teve como base a classificação dos padrões básicos e modificados das formas da rede de drenagem descrita por Zernitz (1932) e ampliada por Howard (1967) conforme apresentados nas figuras 4.2 a e b.


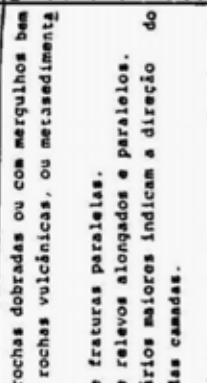
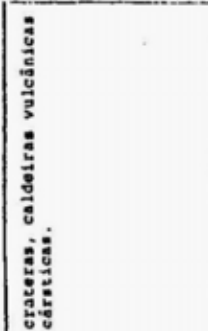
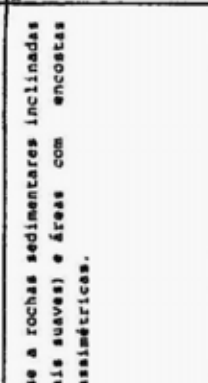
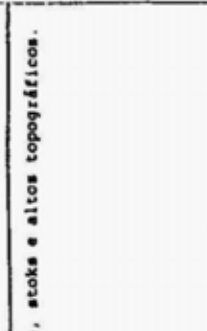
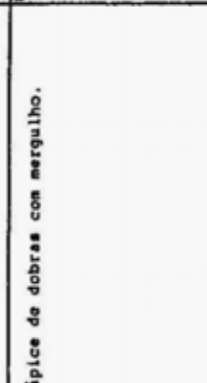
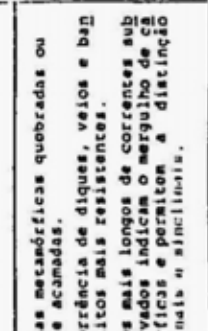
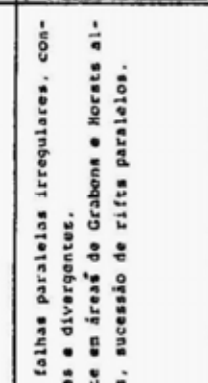
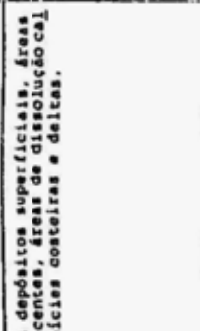
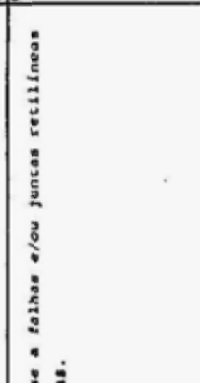
PADRÃO BÁSICO E BÁSICOS MODIFICADOS	SIGNIFICADO	PADRÃO BÁSICO E BÁSICOS MODIFICADOS	SIGNIFICADO
 <p>D - Treliça</p>	<p>Áreas de rochas dobradas ou com mergulhos bem marcados, rochas vulcânicas, ou metassedimentares.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas de fraturas paralelas.</li> <li>- Áreas de relevos alongados e paralelos.</li> </ul> <p>Os tributários maiores indicam a direção do mergulho das camadas.</p>	 <p>D - Treliça</p>	<p>Áreas dômicas e vulcânicas e de relevos residuais.</p>
 <p>D1 - Treliça direcional</p>	<p>Associa-se a rochas sedimentares inclinadas (homoclinais suaves) e áreas com encostas suaves e assimétricas.</p>	 <p>D1 - Treliça direcional</p>	<p>Associa-se a crateras, caldeiras vulcânicas e depressões cársticas.</p>
 <p>D2 - Treliça reversada</p>	<p>Áreas de épice de dobras com mergulho.</p>	 <p>D2 - Treliça reversada</p>	<p>Indicam domos, stoks e altos topográficos.</p>
 <p>D3 - Treliça de falha</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas de falhas paralelas irregulares, convergentes e divergentes.</li> <li>- Frequente em áreas de Grabens e Horsts alternados, sucessão de rifts paralelos.</li> </ul>	 <p>D3 - Treliça de falha</p>	<p>Áreas de rochas metamórficas quobradas ou grosseiramente acamadas. Indicam a ocorrência de diques, veios e bandas de migmatitos mais resistentes. Os tributários mais longos de correntes subseqentes curvados indicam o mergulho de camadas metamórficas e permitem a distinção entre anticlinalis e sinclinalis.</p>
 <p>D4 - Treliça de juntas</p>	<p>Associa-se a falhas e/ou juntas retilíneas e paralelas.</p>	 <p>D4 - Treliça de juntas</p>	<p>Associa-se a depósitos superficiais, áreas vulcânicas recentes, áreas de dissolução cálcica, a planícies costeiras e deltas.</p>

Figura 4.2 a – Traçado dos padrões básicos e modificados de formas de rede de drenagem e seu significado segundo Howard (1967).

Continua...

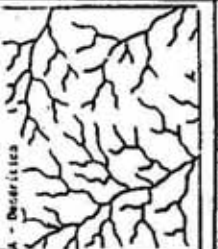

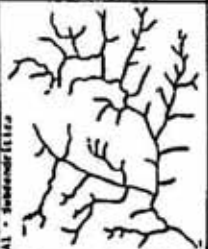




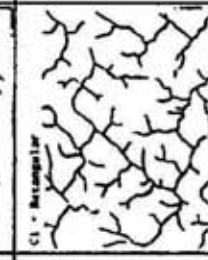
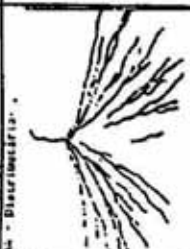

PADRÃO BÁSICO E BÁSICOS MODIFICADOS	SIGNIFICADO	PADRÃO BÁSICO E BÁSICOS MODIFICADOS	SIGNIFICADO
<p>A - Dendríctico</p> 	<p>Substrato com resistência uniforme. Sedimentos horizontais ou oblíquos. Rochas cristalinas com declive regional suave.</p>	<p>B - Paralelo</p> 	<p>Área de declive moderado a forte, e substrato resistente.</p>
<p>A1 - Subdendríctico</p> 	<p>Controle estrutural secundário dado por uma adaptação de um padrão dendríctico inicial, em controle estrutural incipiente, ou pelo encaixamento progressivo de drenagem sobre uma cobertura sedimentar, que passa a sofrer influência do embasamento.</p>	<p>B1 - Subparalelo</p> 	<p>Área com brando controle estrutural dado por estratos deformados e de resistência à erosão relativamente uniforme.</p>
<p>A2 - Plimias</p> 	<p>Padrão de textura fina, indicando substrato facilmente erodível.</p>	<p>B2 - Gullies</p> 	<p>Formado por canais paralelos intermitentes que indicam área de "loess" e cristas arenosas.</p>
<p>A3 - Anacimosa</p> 	<p>Áreas de deposição: planícies aluvionares, deltas e planícies do maré.</p>	<p>C1 - Irregular</p> 	<p>Áreas de juntas e/ou falhas em ângulos retos.</p>
<p>A4 - Distribuíctico</p> 	<p>Área de deposição: leques aluviais e deltas.</p>	<p>C2 - Angular</p> 	<p>Áreas de juntas e/ou falhas com ângulos variados e áreas com superposição de padrões de fratura.</p>

Figura 4.2 b – Traçado dos padrões básicos e modificados de formas de rede de drenagem e seu significado segundo Howard (1967).

A partir da classificação genética são definidas anomalias ou perturbações locais com caráter principalmente circular ou retilíneo.

Na figura 4.3 consta a classificação de anomalias de rede de drenagem de interesse para a realização da análise da interferência das estruturas geológicas na área de estudo.

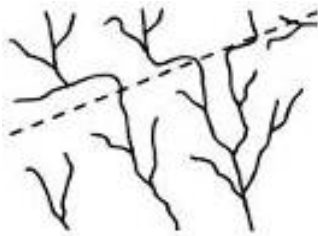


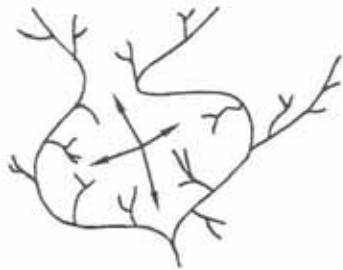


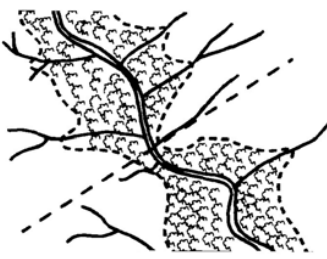
Tipo	Morfologia	Tipo	Morfologia
Retilinearidade		Padrão radial	
Arcos concêntricos		Divergência anormal	
Migração lateral ou tectonismo			
Arco Simples		Lineações interrompidas por arcos	
Ampliação ou encurtamento de vales			

Figura 4.3 - Anomalias de rede de drenagem

Fonte: conforme Howard (1967) e adaptada de Deffontaines e Chorowicz (1991). Adaptada de Berger (1994) e modificada de Ibanez (2006).

#### 4.2.4- ANÁLISE DAS MORFOESTRUTURAS DÚCTEIS

O mapa de contorno morfoestrutural representa a distribuição das zonas estruturalmente positivas e negativas (altos e baixos estruturais) da área, resultantes das deformações dúcteis que ocorreram em uma fase de intenso cisalhamento tectônico e que, mesmo em áreas muito aplainadas, se apresentam refletidas em superfície através da rede de drenagem.

O mapa configura linhas não cotadas de contorno estrutural das camadas geológicas com indicações de seus mergulhos que representam as flexuras regionais. Nos altos estruturais, as estruturas de sub-superfície apresentam forma dômica e/ou antiformais (anticlinais) e os baixos apresentam forma de bacia (depressões) e/ou sinformais (sinclinais).

Na elaboração do mapa morfoestrutural foi utilizado o mapa da rede de drenagem na escala 1:100.000 do IBGE, sobreposta a imagem SRTM, iniciando com a marcação das formas anelares/radiais e feições lineares de drenagem e relevo (figura 4.4). Foram delineadas linhas de contorno no entorno dessas feições. As curvas indicam o caimento dos estratos seguindo a direção da drenagem e se apresentam interrompidas por lineamentos estruturais que afetaram as camadas estruturais.

O mapa foi confeccionado em meio analógico, sendo posteriormente escaneado e georreferenciado, passando por ajustes dentro de ambiente digital. Após ser digitalizado foi sobreposto a imagem SRTM para visualização dos altos e baixos topográficos.

As curvas receberam atributos e foram classificadas de acordo com a associação aos elementos morfotopográficos.

JIMÉNEZ-RUEDA et al., 1989) destaca a importância de mapear também as áreas com *trends* de fraturas. Para este estudo optamos apenas por fazer indicações da presença de *trends* no texto, em função da sobreposição do mapa de lineamentos estruturais que por si só evidenciam as áreas com *trends* de fraturas.

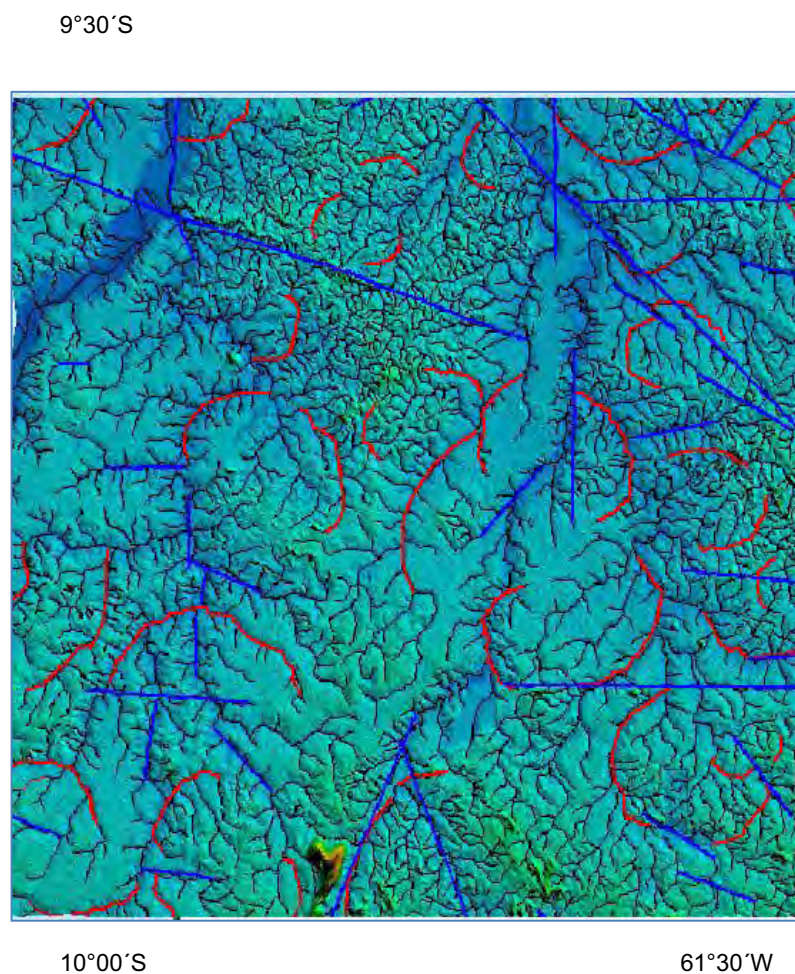


Figura 4.4 – Exemplificação da marcação de anomalias de drenagem para a construção das linhas de contorno do mapa de morfoestruturas

O mapa morfoestrutural é um elemento com informações qualitativas, visto que este não possui feições que podem ser tratadas estatisticamente e conseqüentemente não podem ser quantificadas. Sua caracterização frente ao potencial de erodibilidade segue as determinações de JIMÉNEZ-RUEDA *et al.* (1993) e Shimbo (2006).

As zonas com altos e baixos estruturais resultantes do mapeamento das morfoestruturas dúcteis foram integradas as Zonas de fragilidades resultantes da análise morfoestrutural e sobrepostas as Unidades Geoambientais, visando o Zoneamento Geoambiental da área.



#### 4.2.5 – ANÁLISE E MAPEAMENTO DA MORFOESTRUTURA RÚPTIL

Esta análise buscou identificar alinhamentos de relevo e drenagem, de grandes e pequenas extensões, tais como os falhamentos ou lineamentos estruturais e traços de juntas resultantes de deformações rúpteis, dúcteis e de cisalhamento na área.

Essas feições lineares de drenagem (traços de juntas) e alinhamentos de drenagem (lineamentos estruturais) e suas relações espaciais permitem estabelecer e classificar zonas de diferentes graus de tectonismo, cisalhamento e ruptibilidade (RODRIGUES, 2001; MATTOS et al., 2002; PUPIM, JIMÉNEZ-RUEDA E MATTOS, 2007; CRISOSTOMO NETO, 2001; GUIMARÃES, 2001; XAVIER, 2001). Esses elementos caracterizam pontos de fraqueza no terreno e suscetibilidade à erosão natural e vulnerabilidade acentuada às atividades antrópicas.

##### 4.2.5.1 – Elaboração do Mapa de Traços de Juntas

O mapa de traços de juntas foi obtido a partir do reconhecimento e extração de lineações retilíneas de drenagem, principalmente de 1ª. ordem a 2ª. ordem, com comprimento entre 500 e 800m. Para elaboração do mapa, trabalhou-se com um overlay sobre um mapa de drenagem adensada para a escala de 1:50.000.

A partir do mapa de traços de junta, foi realizada a análise espacial identificando e extraindo as direções de maior freqüência de traços de junta (máximos 1 e 2), dentro de uma unidade areal de 4 km de raio sobre mapa em escala de 1:100.000 (IBGE).

A delimitação da zona de variação dos máximos de traços de juntas foi obtida por interpolação manual, com indicação das direções principais. Cada unidade foi trabalhada isolada das áreas vizinhas, no sentido de evitar a interferência no campo visual. A delimitação de cada uma das zonas de variação dos máximos foi feita em mapas distintos (mapa de zonas variação de máximo 1 e mapa de zonas de variação de máximo 2) que, ao final, foram correlacionados gerando o mapa de zonas de variação máximos 1 e 2.

O mapa de variação de máximos 1 e 2 e eixos foi sobreposto foi analisado e incorporado aos produtos das análises Morfoestrutural e Fisiográfica constituindo o Mapa das Áreas de Fragilidades Naturais da Reserva Biológica do Jaru e Zona de Amortecimento .

#### 4.2.5.2 – Elaboração do Mapa de Lineamentos Estruturais

Através da utilização da imagem da SRTM em meio analógico foram traçados os lineamentos estruturais mais evidentes da área (considerando uma margem de erro geral bem distribuída).

A extração dos lineamentos se deu com a imagem em escala de 1:250.000, em mesa de luz e utilizando lupa de aumento em 4x, para geração de overlay.

O Overlay foi, posteriormente, escaneado e georreferenciados, no Global Mapper 6.0. passando de imagem *raster* para imagem vetorial e, por fim, digitalizado no mesmo software.

No Plano de Informação (*create new line feature – add atributos no software Global Mapper*) os lineamentos estruturais foram classificados quanto a sua direção e transformados em *shapes* pra visualização no *software Arc View*, que permite a individualização de elementos, sobreposição de *layers* e elaboração de mapas integrados.

#### 4.2.5.3 - Determinação dos principais sistemas de cisalhamento e zonas de máxima compressão

As direções principais direções de lineamento estruturais mapeadas foram ordenadas segundo a frequência e foram combinadas no Sistema Conjugado Riedel (1929), apud Mattos (1986), com o objetivo de encontrar as principais direções compressivas da área, que definem as zonas de cisalhamento.

A deformação de corpos rochosos ocorre em função da orientação de eixos de tensão, denominados de  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  e  $\sigma_3$  (sigmas 1, 2 e 3), sendo  $\sigma_1$  considerado

tensor compressivo, o  $\sigma_3$  atua como distensivo e o  $\sigma_2$  pode atuar como compressivo e distensivo (IBGE, 1998).

Entre o tensor compressivo e o distensivo forma um ângulo de até  $60^\circ$  que constituem as zonas de intenso cisalhamento, conforme modelo apresentada na figura 4.6, utilizado para determinação dos eixos de máxima compressão do sistema mais representativo para a área.

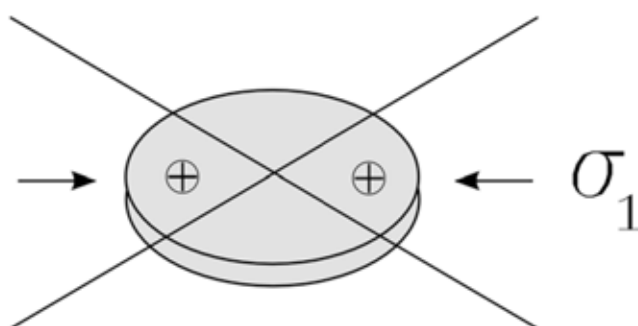


Figura 4.6 – Modelo tensor compressivo  $\sigma_1$

Fonte: Modificado de Rodrigues, 2000

#### 4.2.5.4 – Delimitação de zonas de isovalores de densidade de frequência de lineamentos estruturais

Do mapeamento dos lineamentos estruturais obteve-se o mapa de isovalores de densidade de frequência de lineamentos estruturais. Este mapa foi elaborado a partir da análise estatística dos lineamentos mapeados, pelo estimador de densidade Kernel presente na extensão *Spatial Analyst do software ArcGis*, já apresentado. A modelagem da densidade foi realizada a partir do estabelecimento da unidade de área com  $5 \text{ Km}^2$  de raio e células de saída de 500m (unidade de representação no mapa). Foram estabelecidas quatro classes para os valores, de forma a mostrar zonas de densidade de frequência de lineamentos.

O mapa de Isovalores de Densidade de Frequência de Lineamentos Estruturais foi analisado e incorporado aos produtos das análises Morfoestrutural e Fisiográfica constituindo o Mapa das Áreas de Fragilidades Naturais da Reserva Biológica do Jarú e Zona de Amortecimento .

#### 4.2.6 – ANÁLISE FISIAGRÁFICA

A análise fisiográfica foi realizada pela compartimentação da área em zonas homólogas, aqui denominadas de Unidades Básicas de Compartimentação (Vedovello, 2000), utilizando interpretação textural da Imagem SRTM.

O procedimento metodológico constituiu-se de duas fases: a foto análise e a fotointerpretação. A fase de foto análise corresponde pela análise, na imagem, das diversas formas de arranjo de relevo e drenagem e identificação de unidades texturais, e a foto interpretação para a delimitação das diferentes unidades e para definição das Unidades Básicas de Compartimentação (UBC's).

As Áreas de Preservação Permanente – APPs - foram isoladas, tais como, as margens de rios principais (levando em conta suas áreas de planícies alagáveis no período das chuvas). No restante da área procedeu-se a delimitação das ZH's utilizando-se da metodologia interpretativa proposta por Soares e Fiori (1976) e Soares, Fiori e Mattos (1978).

A imagem SRTM foi utilizada por ressaltar a rugosidade do terreno. As áreas foram criadas utilizando a extensão *digitizer tool* (opção *create new área*) do Global Mapper 6.0. A escala de trabalho foi de 1:100.000. As áreas criadas foram classificadas no *feature type* com adição de atributos e edição.

##### 4.2.6.2 - Mapeamento de Unidades Geoambientais (UGA's)

O Mapa de Unidades Geoambientais (UGA's) agrupa as áreas que apresentam comportamento semelhante ou equivalente, em relação às propriedades geomorfológicas analisadas. A equivalência é estabelecida para

reduzir o número de unidades. Para tal, os atributos das propriedades geomorfológicas receberam pesos em forma de cores.

As cores indicam os diferentes graus do intemperismo e a suscetibilidade à erosão, de cada propriedade analisada. Estas cores foram utilizadas para a classificação das Unidades Geoambientais e definição das classes de suscetibilidade.

No mapa das Unidades Geoambientais, as Unidades Básicas de Compartimentação foram agrupadas em 5 classes de Unidades Geoambientais: quatro pela equivalência entre as propriedades fotogeológicas analisadas e a quinta classe está relacionada às unidades protegidas pela legislação, conforme código Florestal Lei 4771/65, modificado e acrescentado pela Lei nº 7.803/89.

No Mapa de Unidades Geoambientais estão definidas as características das Unidades quanto à suscetibilidade natural e restrições de uso e serviço de base

Este agrupamento classificatório posteriormente foi levado em consideração para a definição de Zonas de Fragilidades Naturais, com as resultantes da análise Morfoestrutural.

#### 4.2.7 - INTEGRAÇÃO DOS DADOS

De acordo com Mattos et al. (2001), os estudos do meio físico devem contemplar a análise integrada do ambiente natural, de forma a construir unidades ou zonas que expressem a síntese das suas diferentes componentes. Além de identificá-las, devem também detectar suas potencialidades e limitações aos destinos de uso, sejam eles para proteção ou para a os múltiplos usos da área em questão.

Visando a delimitação de zonas de maior fragilidade ambiental, os produtos do mapeamento resultantes das análises Morfoestrutural e Fisiográfica foram integrados utilizando as ferramentas de união e intersecção de temas, presentes no ArcGis .

Ao final, faz-se análise das sobreposições realizadas e a verificação dos resultados obtidos em cada mapa.

#### 4.2.8 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

Esta fase compreendeu a análise e discussão dos resultados e avaliação das etapas anteriores, o que também serviu para confirmar ou revisar os dados adquiridos e interpretados. Posteriormente, foram estabelecidas as considerações finais sobre o zoneamento Geoambiental como ferramenta para auxiliar nos estudos para planos de manejos em áreas de proteção ambiental.

#### 4.2.9 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A última fase consistiu na elaboração das conclusões desse trabalho, que é esperado que contribua com estudos planos de manejos e para gestão ambiental no entorno de Unidades de Conservação e recomendações.

## **5 – RESULTADOS**

Neste capítulo, apresentam-se os mapas diagnósticos para o Zoneamento Geoambiental da Reserva Biológica do Jaru e Zona de Amortecimento e suas respectivas análises. Constam aqui, as análises da rede de drenagem (densidade de drenagem e padrões de formas de drenagem), das morfoestruturas dúcteis (altos e baixos estruturais), das morfoestruturas rúpteis (zonas de variação de máximos de traços de juntas, isovalores de densidade de lineamentos estruturais e áreas de máxima compressão do  $\sigma_1$ ) e análise fisiográfica (Unidades Geoambientais).

### **5.1 – ANÁLISE MORFOESTRUTURAL**

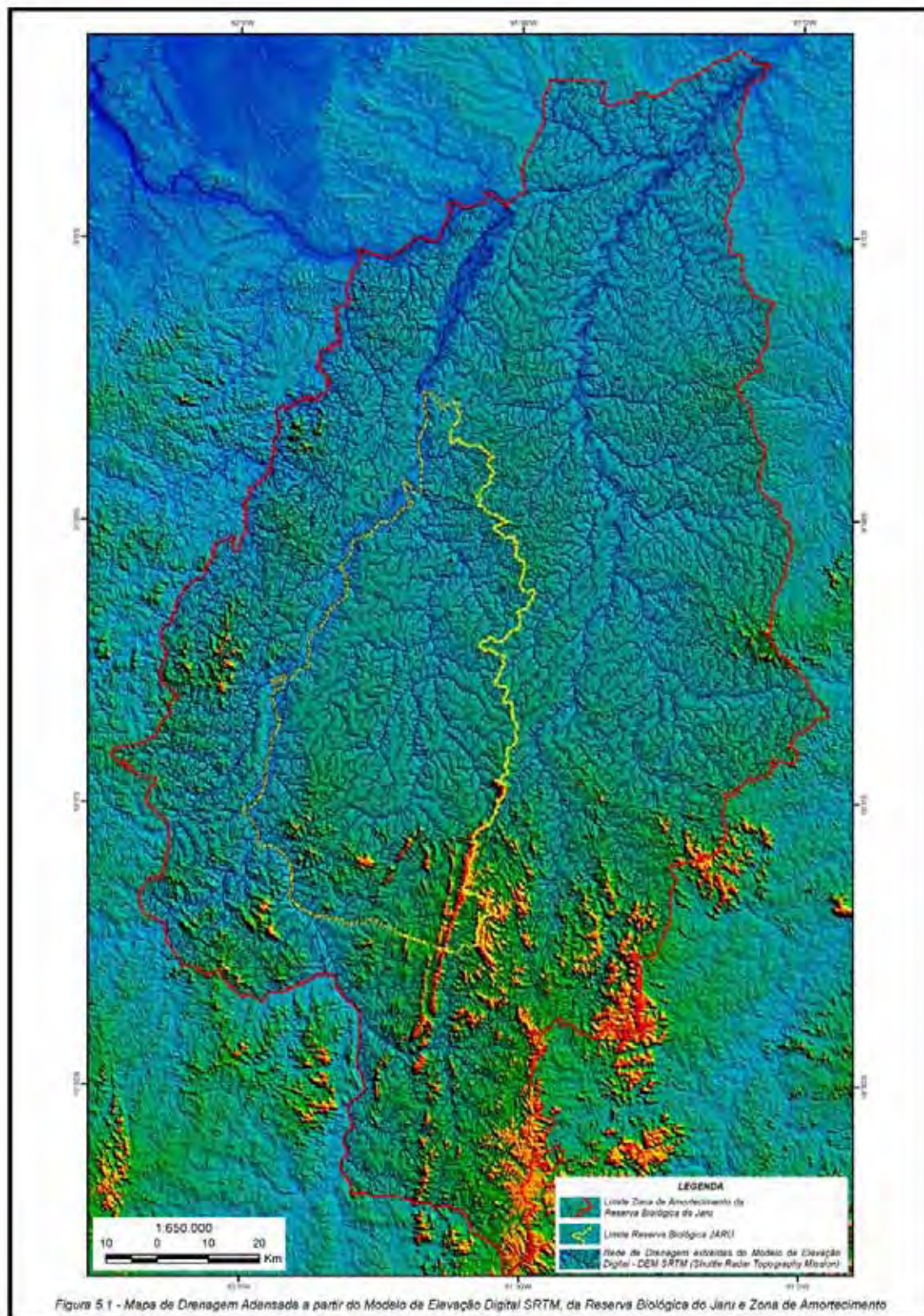
#### **5.1.1- A ANÁLISE DA REDE DE DRENAGEM**

A análise da rede de drenagem foi um dos principais elementos para a obtenção dos produtos gerados neste Zoneamento e norteou a análise fisiográfica e morfoestrutural. Pela análise da rede hidrográfica, também se obteve a análise da hierarquia fluvial (mapa de bacias e setorização por sub-bacias da densidade de drenagem)

##### **5.1.1.1 – Análise do adensamento da rede de drenagem com dados da SRTM (DEMSRTM)**

Nesse estudo, a rede de drenagem foi adensada utilizando a ferramenta Hydrology Modeling do ArcGis com dados da SRTM (DEMSRTM, resolução de 90 metros) na escala 1:250.000 e adensada para a escala 1:50.000. O resultado é apresentado na figura 5.1.

Figura 5.1 – Mapa de Drenagem Adensada a partir do Modelo de Elevação Digital SRTM da Reserva Biológica do Jarú e Zona de Amortecimento .





Percebeu-se que o adensamento através dos DEMSRTM apresentou confiabilidade para áreas densamente florestadas e intocadas. Para as áreas com uso da terra deve-se ter cuidado para a extração de elementos da drenagem para fins de análise estrutural, pois o programa utilizado leva à formação de canais retilíneos (canaletas) em áreas com obras lineares (estradas) e gera acúmulos de canaletas em áreas terraplanadas, conforme exemplificado na figura 5.2.

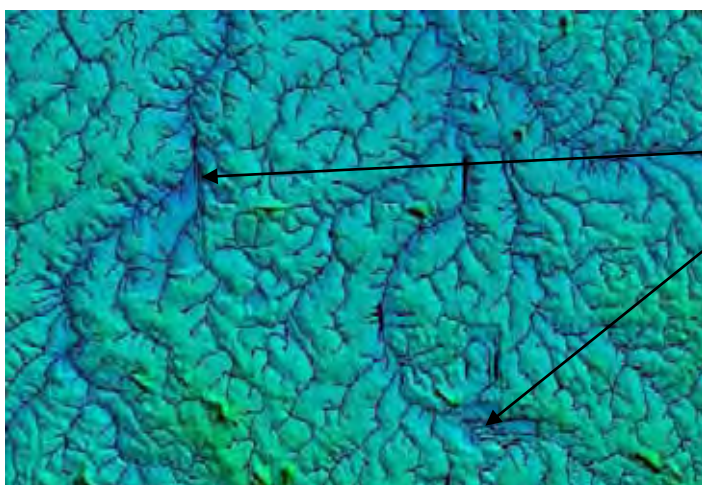


Figura 5.2 – Interferências na rede de drenagem geradas a partir da extração

Canaletas originadas a partir da extração da rede de drenagem automatizada (número mínimo de células = 50) no Hydrology Modeling do programa ArcGis com dados do Modelo de Elevação Digital da SRTM

Como critério de uso e por questões de segurança na extração das informações e, em caso de dúvidas na fotointerpretação, os mapas da rede de drenagem (IBGE, escala 1:100.000 e adensada) foram trabalhadas sobrepostas à Imagem SRTM ficando sempre válida a informação existente na carta do IBGE.

#### 5.1.1.2 - Análise da densidade de drenagem a área

A densidade de drenagem é um indicador de fragilidade ambiental, uma vez que a maior parte dos canais de drenagem se instala em pontos de fraqueza do terreno e estes estão relacionados à presença de fraturas de toda ordem.

O mapa de densidade de drenagem foi elaborado com o objetivo de extrair zonas distintas quanto à suscetibilidade à erosão, (Figura 5.3).

A densidade de drenagem (Dd) está diretamente relacionada com as propriedades geomorfológicas das rochas, que conferem aos terrenos, maior ou

menor grau de permeabilidade ou impermeabilidade. Por exemplo, áreas graníticas apresentam maior impermeabilidade e conseqüentemente as áreas com este embasamento possuem maior densidade de drenagem que as áreas com rochas sedimentares.

No mapa de densidade hidrográfica foram estabelecidas 4 zonas com isovalores entre 0,00 e 1,40 rios/km<sup>2</sup>. de forma a mostrar zonas de densidade de frequência de canais/ km<sup>2</sup> Muito Baixa (cor branca), Baixa (amarela), Moderada (laranja) e Alta (vermelho).

Zona 1 – 0,00 a 0,35 rios/km<sup>2</sup> - Densidade de drenagem muito baixa ou nula

Zona 2 – 0,36 a 0,70 rios/km<sup>2</sup> - Densidade de drenagem baixa

Zona 3 – 0,71 a 1,05 rios/km<sup>2</sup> - Densidade de drenagem média

Zona 4 – 1,06 a 1,40 rios/km<sup>2</sup> - Densidade de drenagem alta

**As Zonas com densidade de densidade de drenagem muito baixa ou nula (0,00 a 0,35 rios/km<sup>2</sup>)** aparecem em pequenas manchas em áreas de sedimentos aluvionares muito permeáveis, ocorrentes no rebordo da área, foram interpretadas como interferência em função da ferramenta de adensamento utilizada (pelo estimador de densidade Kernel presente na extensão Spatial Analyst do software ArcGis 9.2.) possivelmente, pela falta de dados do entorno, em função do recorte da área, não sendo, por isso, passível de caracterização.

**As Zonas com densidade baixa (0,36 a 0,70 rios/km<sup>2</sup>)** estão relacionadas às zonas de acumulação de sedimentos arenosos dentro dos depósitos de aluvionares e Coberturas Sedimentares Indiferenciadas presentes nas unidades fisiográficas das Planícies Aluvionares, Terraços Fluviais e Superfícies de Aplanamento.

A baixa densidade de drenagem também se apresenta nos terrenos das rochas sedimentares da Formação Palmeiral, presentes no centro e norte da ZA. A declividade destas áreas é baixa, inferior a 8%. Apesar de propiciarem a mecanização agrícola, demandam cuidados tais como curvas de nível para evitar a erosão do solo nesta área de sedimentos arenosos e inconsolidados, facilmente erodíveis.

Em campo, verifica-se que nessas áreas ocorre erosão em sulcos nas pastagens e ravinas nas estradas com assoreamento de canais de drenagem em função de pontes mal construídas.

**As zonas com densidade de drenagem média (0,71 a 1,05 rios/km<sup>2</sup>)** perfazem mais da metade da área da ZA onde se apresentam as rochas do embasamento regional (Complexo Jamari e Suíte Intrusiva São Romão) e coberturas Neogênicas indiferenciadas.

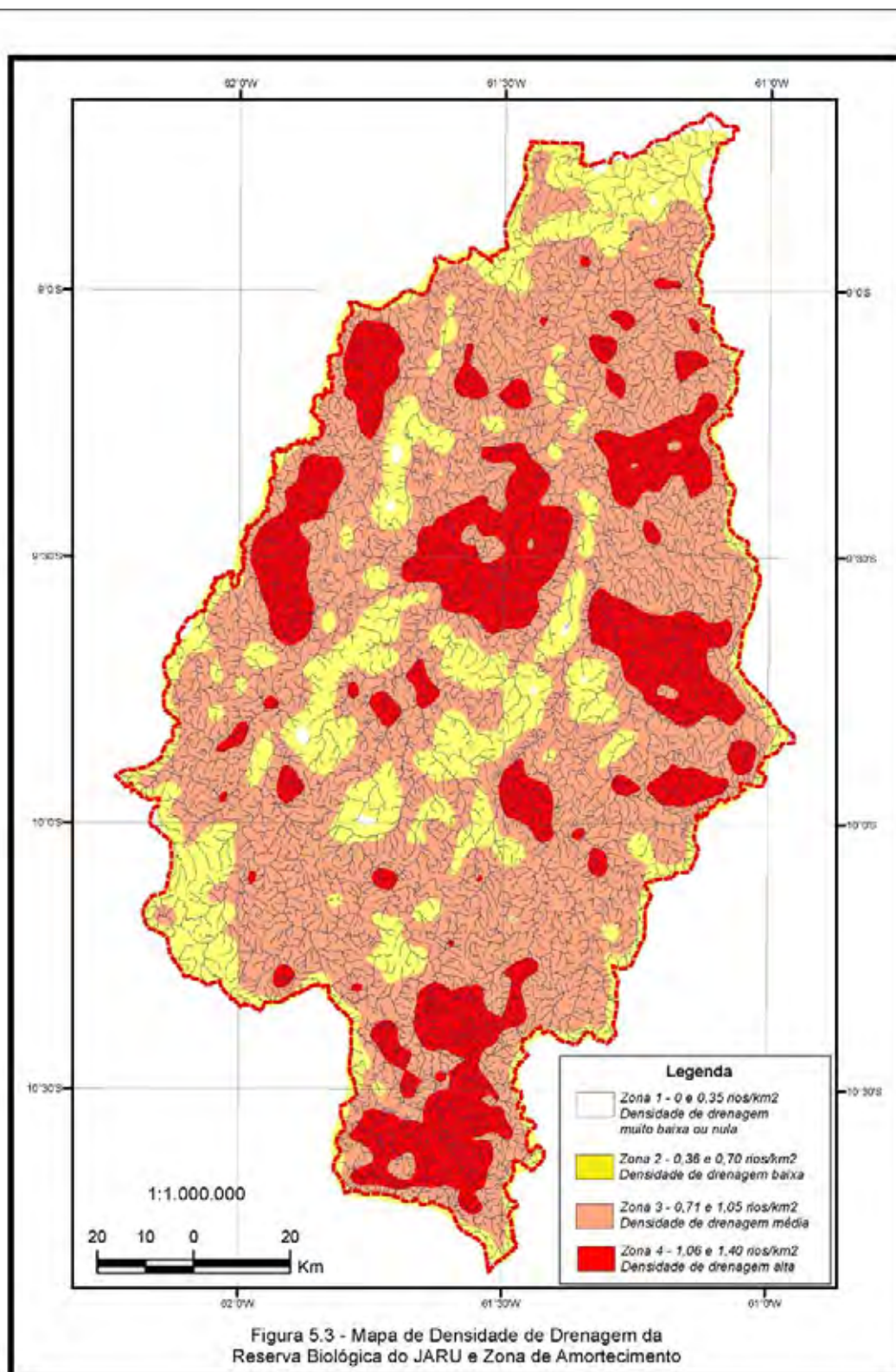
As declividades se encontram entre 8 e 15%, constituindo áreas impróprias para a mecanização e demandando cuidados para a agricultura e construção de estradas. Por estas características, são áreas com potencial para culturas permanentes.

**As zonas de densidade de drenagem alta (1,06 a 1,40 rios/km<sup>2</sup>)** estão relacionadas às rochas da Suíte Intrusiva Serra da Providência e no contato destas com as rochas metavulcanossedimentares do Grupo Roosevelt.

As áreas de densidade de drenagem alta se caracterizam por ocorrerem em relevos declivosos, com encostas íngremes e com muitos matacões, são muito suscetíveis a erosão linear profunda, como voçorocamentos.

Em termos de planejamento para uso com obras lineares, estas áreas vão exigir um número maior de construção de pontes nas estradas. Estas áreas não propiciam a mecanização para a agricultura, sendo mais recomendadas para o manejo florestal.

Figura 5.3- Densidade de Drenagem da Reserva Biológica do Jarú e Zona de Amortecimento



### 5.1.1.3 – Análise dos padrões de formas da rede de drenagem

A análise da rede de drenagem permitiu obter informações e formular interpretações sobre o arranjo estrutural da área.

A drenagem foi analisada quanto aos padrões (básicos e modificados) das formas da rede de drenagem (principalmente anelares e radiais e assimetrias), o que permitiu extrair informações sobre morfoestruturas dúcteis (altos e baixos estruturais) e rúpteis da área.

Partindo da visão geral para a particular, constata-se que o padrão de forma de drenagem da região da Zona de Amortecimento é do tipo paralelo, no sentido NS para N20E, contendo figuras de interferência de forma anelar muito evidentes na imagem SRTM e no mapa sobreposto da rede de drenagem.

A drenagem principal formada pelos rios Ji-paraná e Madeirinha apresentam forte controle estrutural na sua configuração (figura 5.4).

No que se refere ao estudo das formas de drenagem, dentro do padrão regional ocorrem associações de forma que são reflexos da evolução geologia da região. O objetivo desse estudo foi o de destacar a ocorrência das formas anelares, radiais, lineações e assimetrias da drenagem.

**As formas de drenagem anelar e radial** – ocorrem em todos os setores da Zona de Amortecimento, em função da presença de dobramentos, de intrusões graníticas e de estruturas vulcânicas circulares de vários quilômetros de diâmetro. Associações de formas de drenagem retangular e anelar também ocorrem em todos os setores da ZA, porém, tem mais destaque ao sul da área no entorno da Serra da Providência.

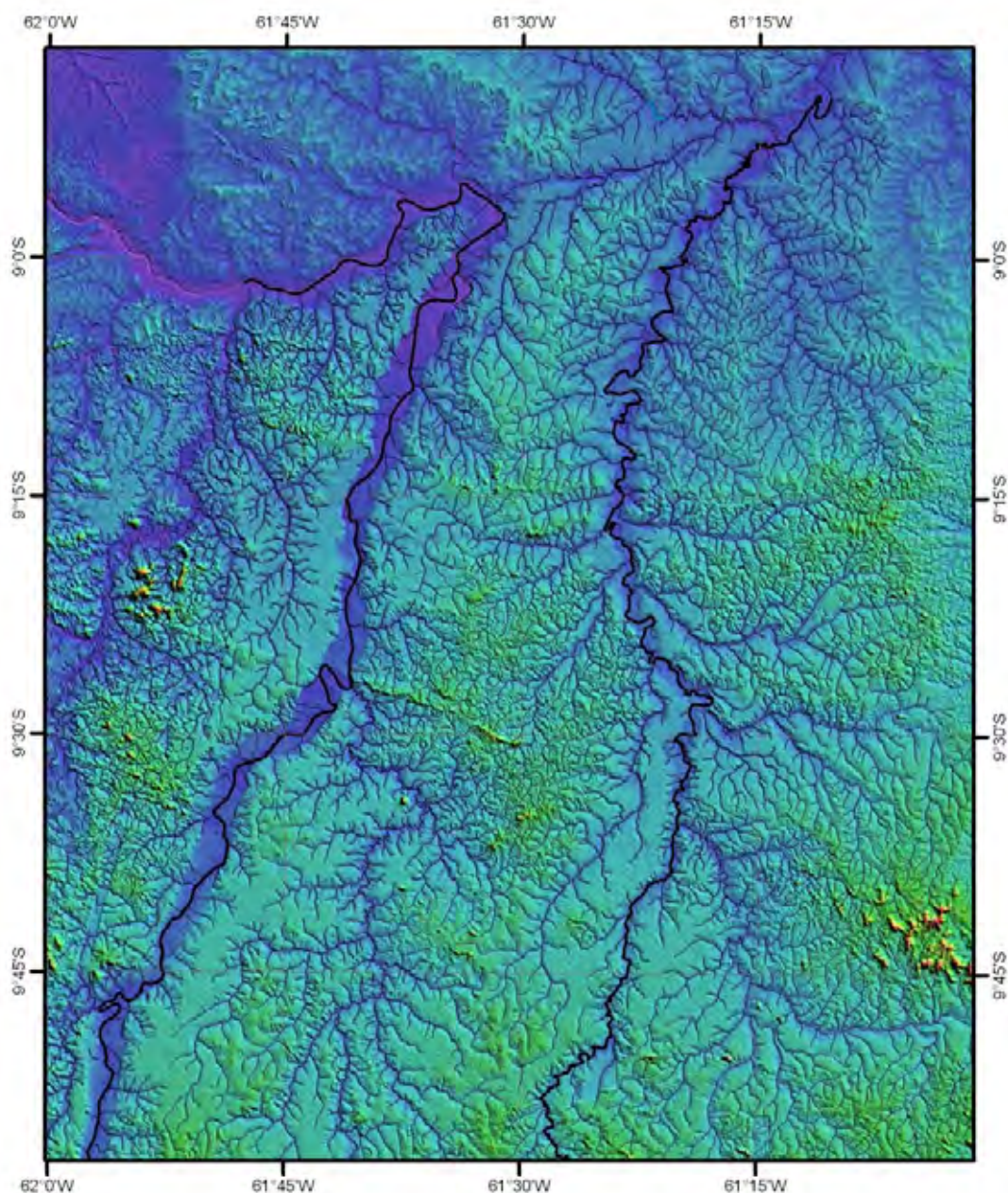


Figura 5.4 – Padrão de forma de drenagem regional - paralelismo entre os cursos dos rios Machado, Ji-paraná (RO) e Madeirinha (MT).

No leste da área, o rio Madeirinha tem suas nascentes nas encostas da Serra da Providência e corre encaixado no lineamento estrutural denominado Falha da Providência que se apresenta com extensão superior a 150 km. No recorte apresentado, esta falha particiona e desloca várias estruturas dômicas (drenagem em arcos simples). Nas nascentes do Rio Madeirinha e na bacia do rio Soledade são detectados trechos de rios secos na área limítrofe em função de basculamento.

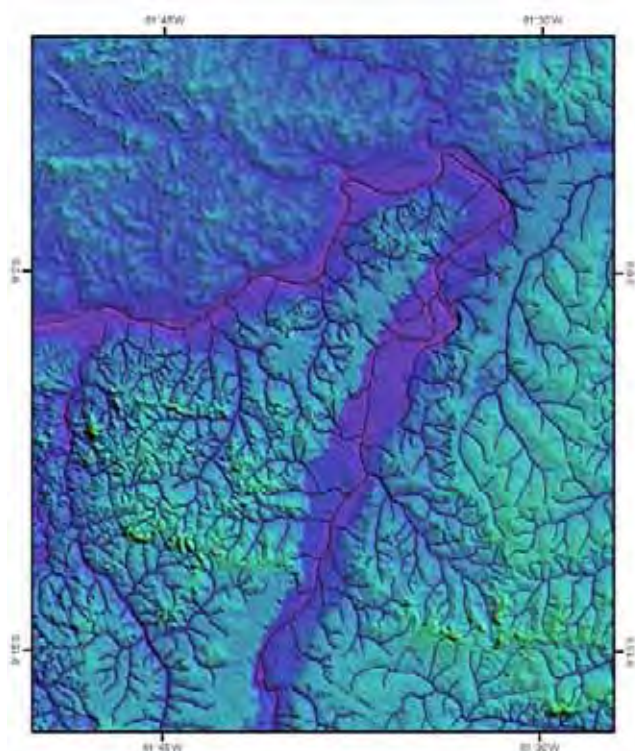


Figura 5.5 - Rio Ji-paraná no setor NNW da ZA

O curso do rio Ji-paraná está encaixado em falhamentos e apresenta inflexão de NW-SE para N20E a partir do município de Ji-paraná, quando se encaixa no lineamento denominado rio Ji-paraná, e novamente inflecte para NW, em Machadinho do Oeste, até a desembocadura no Rio Madeira, sofrendo influência do lineamento denominado Calama – Tabajara (N60W).

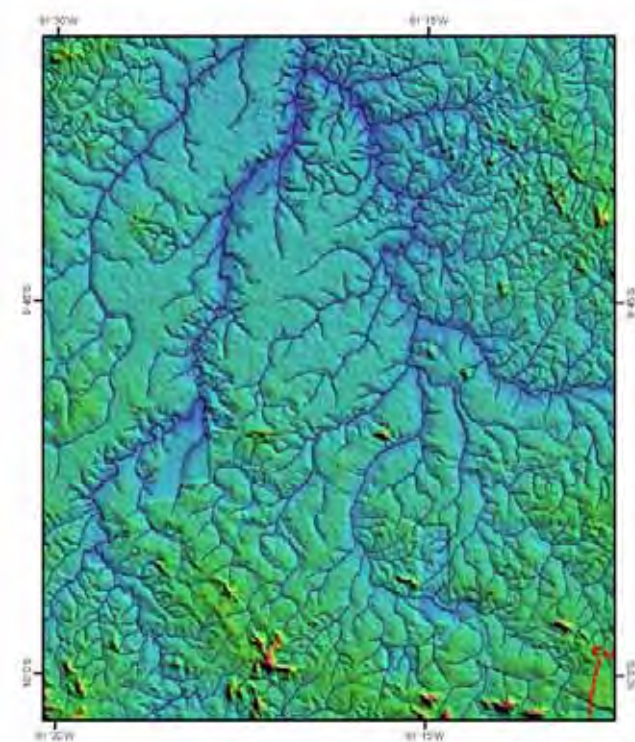


Figura 5.6 – Curso central do Rio Madeirinha, (sub-bacia rio das Rosas)

Formas de drenagem anelar e radial com deslocamento no sentido NS a N20E – (falha da Providência)

Ocorrência de arcos concêntricos e drenagem assimétrica.

Canais alargados e retilíneos, típicos de áreas de distensão, formando ampla área de sedimentação.

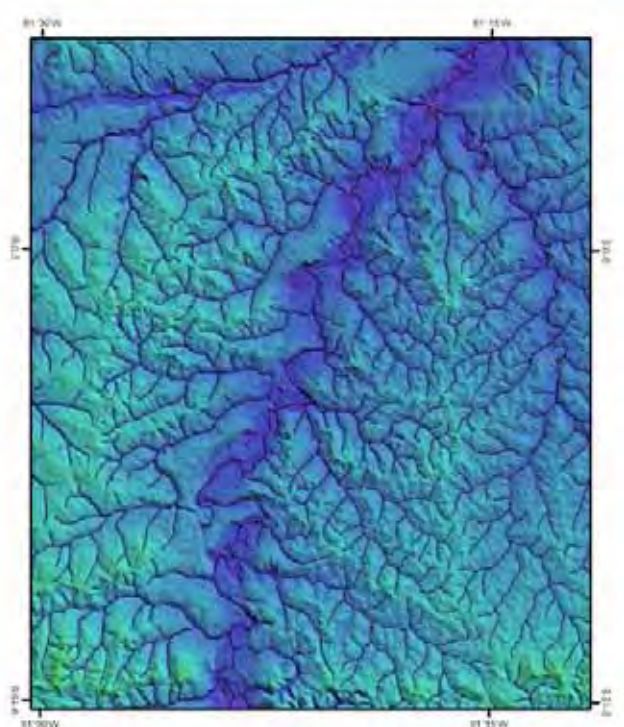


Figura 5.7 - Rio Madeirinha no Setor norte da ZA

Forma de drenagem anelar relativas a dobramentos suaves no sentido EW com canais paralelos no sentido NE-SW e NW-SE.

A compressão no sentido NS e NW-SE resultou em meandros angulosos formando zigue-zague causados pelo encurtamento de área e do canal do rio principal (rio Madeirinha).

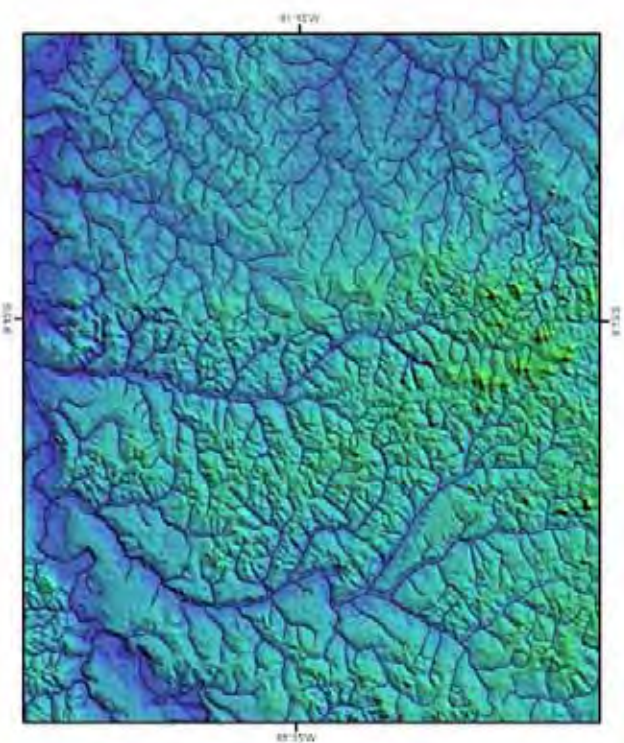


Figura 5.8 – Sub-bacia dos Veados/ Madeira

Formas de drenagem anelar interrompida por lineamentos nas direções EW, NE-SW.

Os arcos circundam estruturas dômicas muito fraturadas (lineamentos e juntas).

Forte assimetria da rede de drenagem ao S e SSE com basculamento nítido.

Área de contato entre a Suíte Intrusiva Serra da Providência com as rochas sedimentares da Formação Palmeiral (Prosperança).



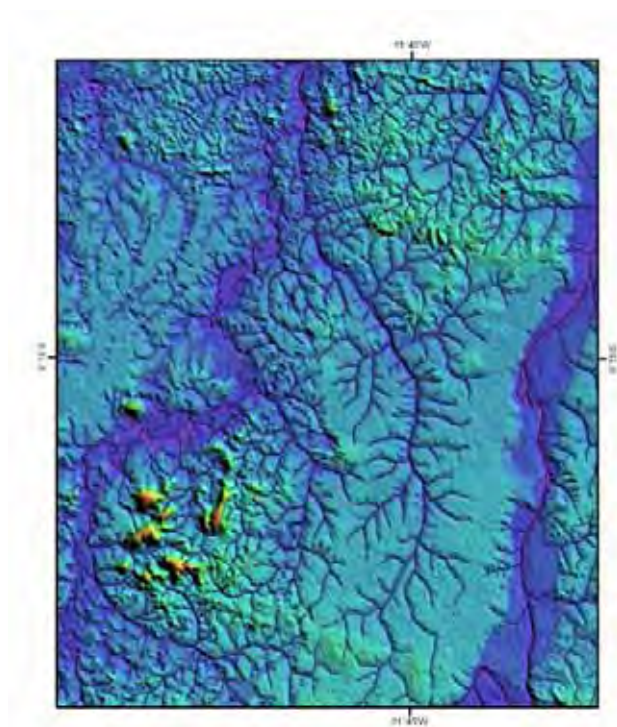


Figura 5.9 – Interflúvio Rio Machado / Jiparaná

Forma anelar configurando entre a drenagem de forma paralela de sentido N10-20E.

Domos originados por intrusão de corpos graníticos em contato com rochas sedimentares da Formação Palmeiral com fraturamento na direção NW-SE e NS. Inúmeros lineamentos nas direções EW e NW-SE promovem basculamentos locais com encachoeiramento no rio.

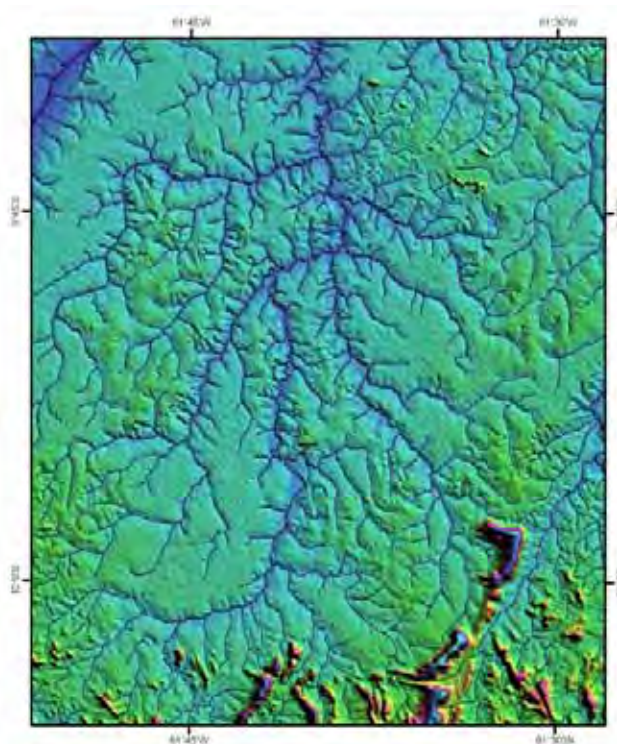


Figura 5.10 - Sub-bacia do rio Tarumã

Formas de drenagem anelar e radial oriundas de estruturas dômicas arrasadas, particionadas por fraturas no sentido NS e SE-NW, deslocadas no sentido EW e NE-SW;

Área de contato entre as rochas metavulcanos-sedimentares do Grupo Roosevelt e rochas ígneas da Suíte Intrusiva Serra da Providência e Coberturas Sedimentares Indiferenciadas.

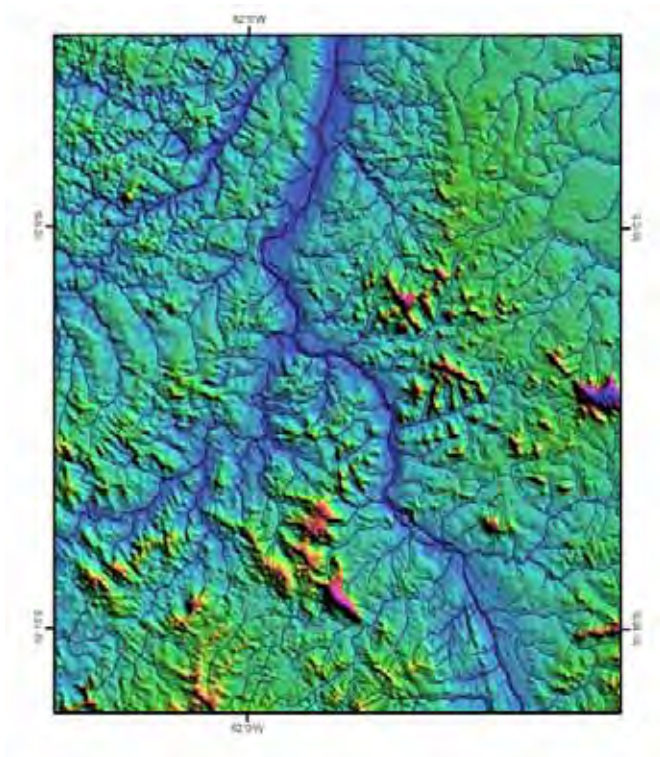


Figura 5.11 – Rio Ji-paraná, Boca do Jaru

Formas de drenagem anelar e radial pela presença de batólitos graníticos da Suíte Intrusiva Serra da Providência em contato com as rochas metassedimentares do Grupo Roosevelt e ígneas do Complexo Jamari.

Os lineamentos nos sentidos NW-SE, NE-SW e EW promovem a retilinidade dos canais .

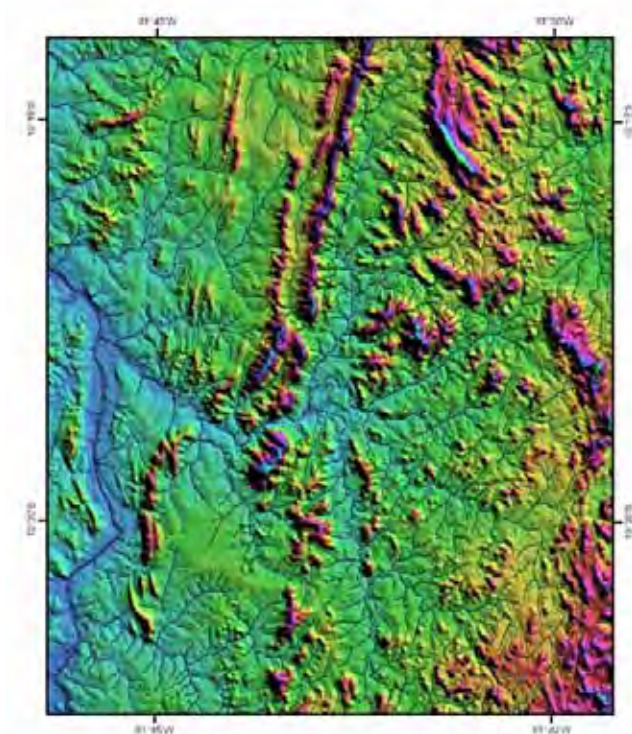


Figura 5.12 – Setor Sul – sub-bacia do Igarapé Lourdes, na Serra da Providência

Forma de drenagem retangular muito orientada nos sentidos NS, NE-SW e NW-SE em área de Relevo monoclinal do tipo hog- back da Serra da Providência.

Canais formando ângulos retos em meio a relevo arrasado com morrotes alongados assimétricos a simétricos.

Faturas também no sentido EW.

Área de contato de rochas metavulcanos-sedimentares do Grupo Roosevelt e Granitos da Suíte Intrusiva Serra da Providência.

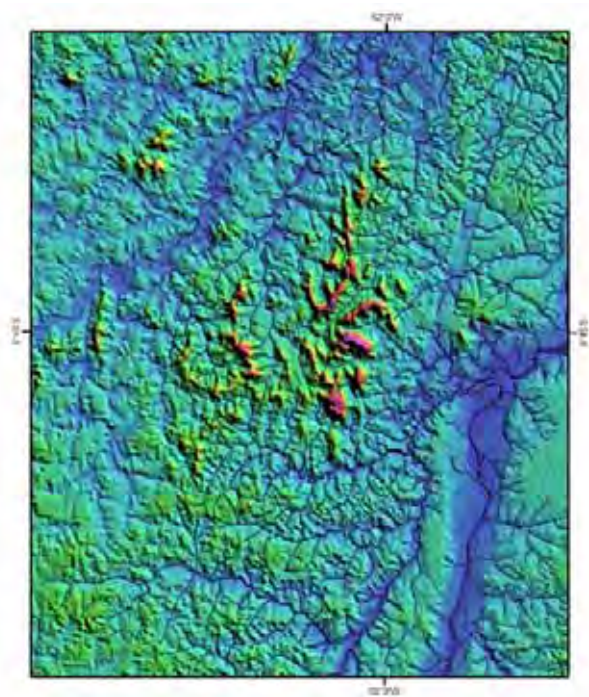


Figura 5.13 - na serra da Prata

Drenagem radial conformando estrutura circular resultante de cone vulcânico (Formação Quatro Cachoeiras) em contato com a Suíte intrusiva serra da Providência.

O lineamento do Machadinho com direção N30E aparece bem marcado, desestruturando as feições anelares.

## 5.2 – ANÁLISE MORFOESTRUTURAL (DÚCTIL)

A Morfoestrutura consiste nas feições geomorfológicas correlacionadas exclusivamente às estruturas geológicas.

O mapa de Morfoestruturas Dúcteis representa a distribuição das zonas de deformações dúcteis, estruturalmente positivas e negativas (altos e baixos estruturais). São reflexos em superfície de redobramentos flexurais que ocorreram na área em uma fase final de cisalhamento tectônico. Essas estruturas profundas (dobras), em suas movimentações manifestaram-se nas camadas superiores através das formas e alinhamentos de drenagem.

Nos altos estruturais, as feições apresentam com formas dômicas ou antiformais; nos baixos, apresentam forma de bacia (depressões) ou sinformais conformando um sistema do tipo “caixa de ovos”. Na paisagem estas estruturas ocorrem compartimentadas por lineamentos estruturais, conformando altos e baixos topográficos (um alto topográfico é uma feição de topo de morro (crista) e um baixo topográfico é um vale). (Figura 5.13).

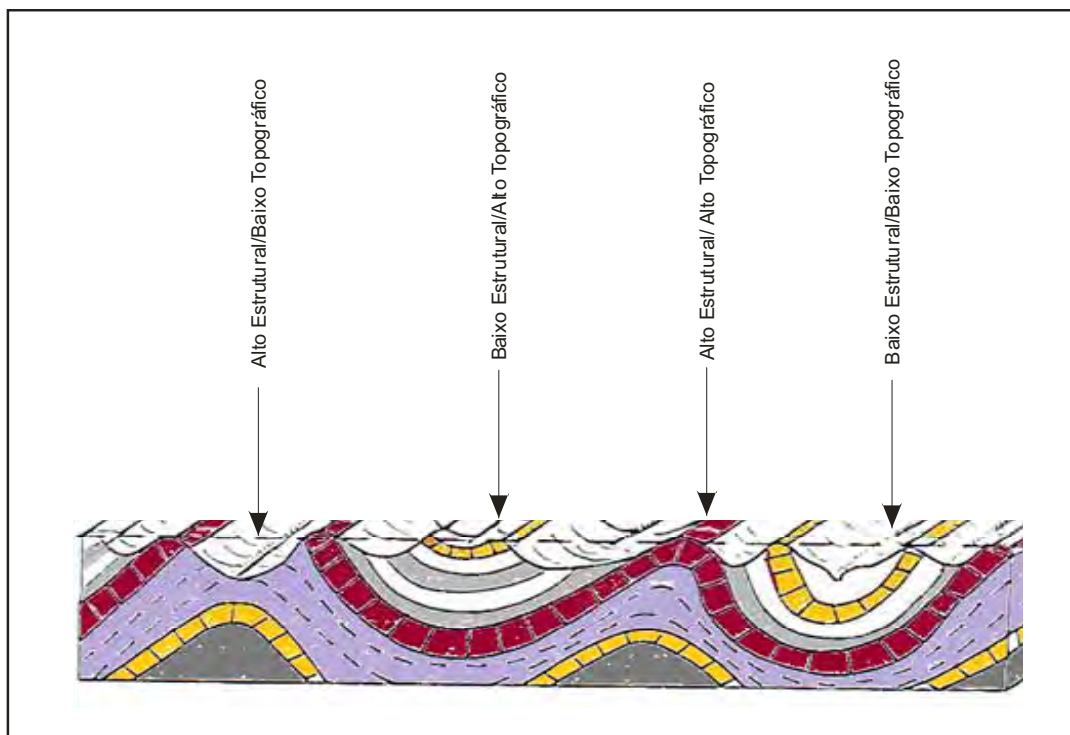


Figura 5.13 – Representação de altos e baixos estruturais em subsuperfície

Estas estruturas associadas configuram ambientes diversificados frente aos processos de pedogênese e morfogênese, (JIMÉNEZ-RUEDA et al., 1989; 1993).

Este mapa morfoestrutural também foi elaborado para auxiliar no planejamento e manejo diferenciado das áreas, cuja análise propicia o uso adequado dos recursos naturais e o melhor planejamento de obras de engenharia. Em sua aplicabilidade, o conhecimento da morfoestrutura de uma região (alto e baixo estrutural), quando integradas com outros dados temáticos, pode fornecer subsídios para estudos de recursos hídricos, proteção ambiental, se determinado local é favorável ou não para implantação de obras de engenharia, usos agrícolas, entre outras aplicações (OHARA, 1995).

Na área da ZA foram demarcadas as formas anelares, radiais e de assimetria de drenagem. Estas três formas associadas representam estruturas dômicas ou depressões, em diferentes fases de dissecação, sendo que a maior parte delas se encontra deslocadas por falhamentos (transcorrentes e normais) bem visíveis na Imagem SRTM.

Pelo contorno das feições anômalas e obedecendo ao rumo da assimetria de drenagem, obteve-se o Mapa de Contorno Morfoestrutural não cotado, com altos e baixos estruturais (figura 5.14).

O mapa foi confeccionado em meio analógico, sendo posteriormente escaneado e georreferenciado. Após ser digitalizado foi sobreposto à imagem SRTM para visualização dos altos e baixos topográficos. As curvas receberam atributos no programa Global Mapper e foram classificadas de acordo com a associação aos elementos morfotopográficos (Figura 5.15).

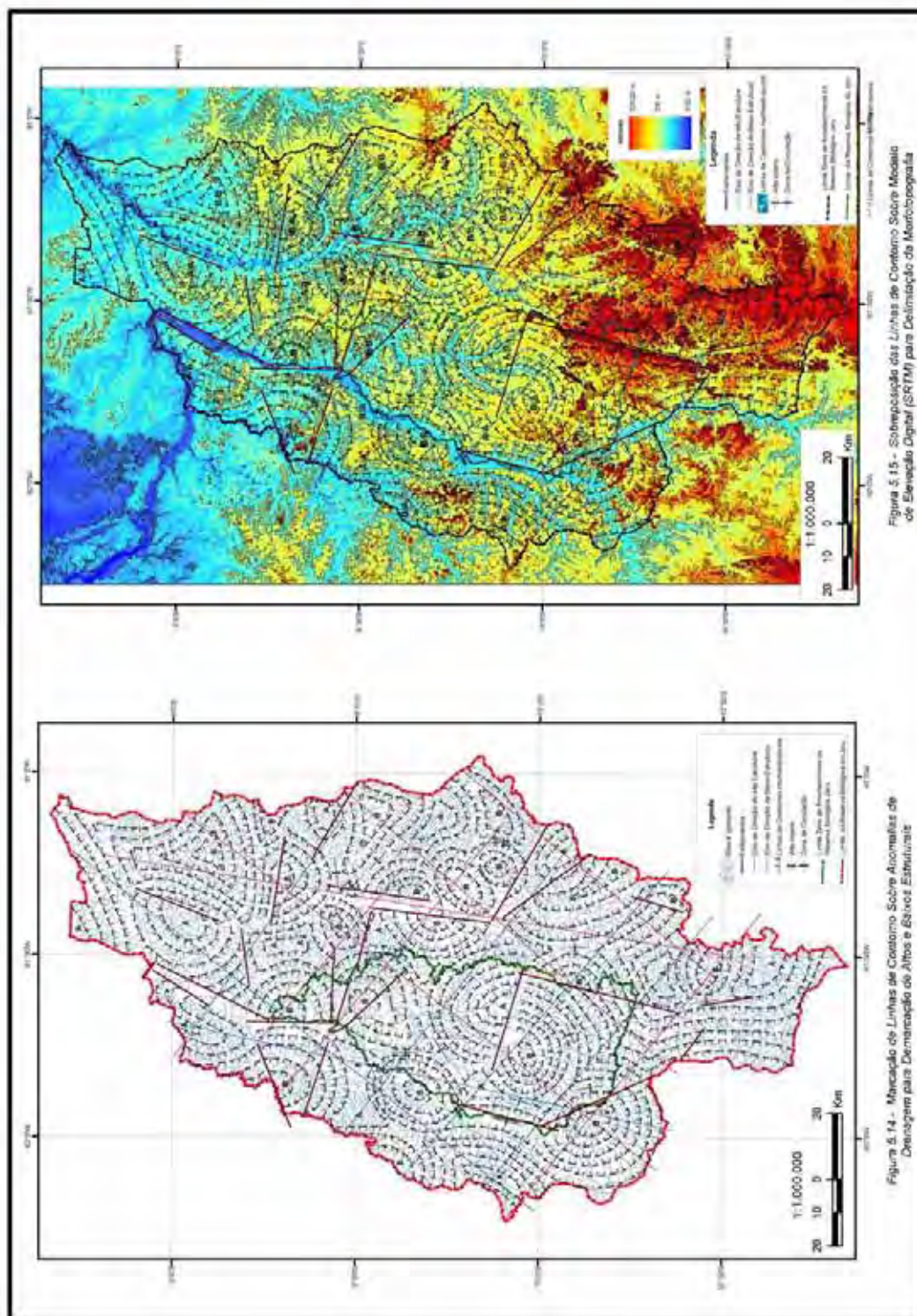
No mapa, as áreas nucleares indicam as morfoestruturas (Altos – A / Baixos - B estruturais) relacionadas à morfometria (Altos – A / Baixos – B topográficos) conjugadas.

Os símbolos indicam as áreas de altos abertos (áreas de contato geológico com basculamento positivo), e baixos fechados (áreas de basculamento negativo). Os altos abertos facilitam a percolação de água e promovem a desestabilização do maciço, não sendo indicadas como áreas de sobrepeso de reservatórios. Nessas áreas os pacotes sedimentares são profundos em face de decomposição do pacote rochoso.

Os baixos fechados são zonas de confinamento de água.

Figura 5.14 – Marcação das linhas de contorno sobre anomalia de drenagem para demarcação de altos e baixos estruturais

Figura 5.15 – Sobreposição das linhas de contorno sobre a imagem SRTM para delimitação de altos e baixos morfométricos



Sobrepondo o mapa morfoestrutural na imagem SRTM da área na verificou-se que a morfometria associada à morfoestrutura permite a compreensão dos processos de erosão e deposição entre os diferentes compartimentos estruturais, uma vez que os altos ou baixos estruturais podem estar localizados em altos ou em baixos topográficos. Isso influenciará o fornecimento ou recepção de materiais, bem como no comportamento com relação recarga, circulação e concentração de águas subterrâneas, conforme apregoado por Jiménez-Rueda et al., (1992).

O sistema todo, por sua vez, apresenta comportamento diferenciado o meio físico para cada tipo de obra e ou uso, conforme apresentado na legenda que acompanha o mapa (figura 5.16).

#### 5.2.1 – ANÁLISE DAS MORFOESTRUTURAS DÚCTEIS E EIXOS DIRECIONAIS

Analisando-se o mapa morfoestrutural, nota-se que as morfoestruturas estão representadas por altos e baixos estruturais, com suas formas e direções orientadas segundo as variações das atitudes de camadas ou foliação e interrompidas por lineamentos NS, N60-70W e EW e que representam limites entre blocos positivos ou negativos. Conforme Madrucci et al.. (2003), estes blocos podem ser identificados como compartimentos tectono-estruturais delimitados por grandes lineamentos estruturais. Os lineamentos mais representativos e que afetam estes blocos: Lineamento da Providência (N10-20E), Lineamento Ji-paraná e da serra do Moquém (N60-70W).

Na área de rochas ígneas, os altos estruturais estão principalmente relacionados aos graníticos das Suítes Intrusivas Serra da Providência, Cacoal e de Rondônia. No sul da área os altos estruturais são monoclinais e estão associados a dobramentos com mergulhos de até 70 graus nas rochas do Grupo Roosevelt. Ao norte da área, na Formação Palmeiral, a conformação de altos e baixos está relacionada aos dobramentos suaves, de direções EW e NS.

5.16 - Mapa de Contorno Morfoestrutural não cotado com Altos e Baixos Estruturais e Topográficos

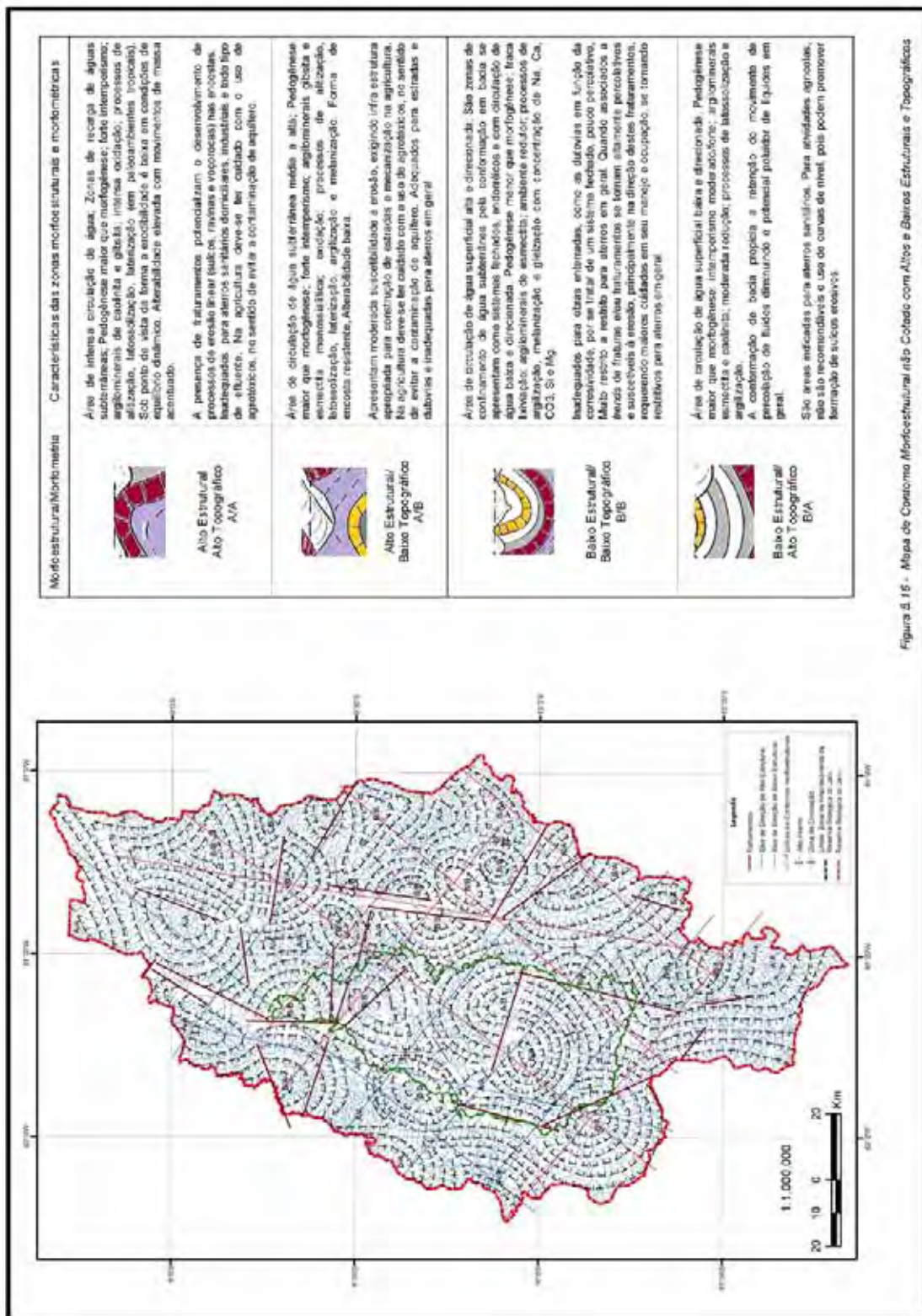


Figura 5.15 - Mapa de Contorno Morfoestrutural não Cotado com Altos e Baixos Estruturais e Topográficos



Os baixos estruturais ocorrem em maior número ao longo das direções das calhas dos rios Ji-paraná e Madeirinha, nas áreas do embasamento cristalino (Complexo São Romão e Jamari), e coberturas Sedimentares, Lateritos imaturas e aluvionares. Na Bacia do Madeirinha, a sub-bacia do rio da Rosas forma um grande baixo estrutural. No mesmo alinhamento (N60W), mais para oeste da área, se encontram os baixos estruturais do rio Tarumã na bacia do Ji-paraná e do Tararé ou Tarifa em direção ao Rio Machadinho.

Os eixos preferenciais de altos e baixos estão nas direções N30E e N60W e N10E, indicadoras das direções da deformação regional.

#### 5.2.1.2 – Análise das áreas de altos e baixos estruturais e morfométricos

**Altos Estruturais** - Nos altos estruturais, as estruturas de subsuperfície apresentam forma dômica e/ou antiformais (anticlinais) e a drenagem em superfície é divergente refletindo o sentido do mergulho das camadas.

Os altos estruturais desenvolvem intenso fraturamento aberto, em várias direções, o que promove uma alta percolação de água. Essas áreas se constituem em zonas de captura de água e apresentam intensa circulação de água subterrânea. São as denominadas zonas de recarga de aquíferos.

As áreas de altos estruturais tendem à menor retenção de água, são locais com solos mais evoluídos e muito permeáveis, que apresentam lixiviações de materiais e de nutrientes. São caracterizadas por ambiente oxidante, em que dominam os processos caulínização, laterização e latossolização (JIMENEZ-RUEDA *et al.*, 1992).

Embora os altos estruturais apresentem formas estabilizadas de relevo, estas perdem o equilíbrio com a intervenção antrópica. Na construção de estradas e dutovias nestes altos devem ser observadas a direção dos traços de juntas e o mergulho das camadas. Cortes oblíquos devem ser evitados, pois acarretam desestabilização das formas com movimentos de massa acentuados e erosão linear profunda nessas áreas. Deve-se chamar atenção para a presença de fraturamentos que potencializam o desenvolvimento de processos de erosão

linear (sulcos, ravinas e voçorocas) nas encostas onde a declividade é mais acentuada, principalmente se estiverem associados a altos topográficos, (FANCICANI, 2000; FRANZONI, 2002; CAETANO, 2006

Os altos estruturais ocorrem em toda a área de estudo. Associados a altos topográficos ocorrem no S, na sub-bacia do Igarapé Lourdes e sub-bacia da Providência (2); no centro, na sub-bacia do Tarumã/Manduquinha; no WSW, na sub-bacia Monte Cristo; no NW, na sub-bacia do rio Anari; no NW no interflúvio rio Machadinho/Ananás; no centro, no interflúvio dos rios Soledade/Tarumã. Na bacia do Madeirinha aparece no N, na sub-bacia do Igarapé Sucuri; no ENE no interflúvio do rio das Rosas /Igarapé da Onça; Interflúvio do rio das Rosas /Igarapé Seis Contos e Interflúvio Igarapé Grande/Veado; no N, na sub-bacia do Jatuarana.

Já, os altos estruturais associados a baixos topográficos ocorrem: na bacia do Ji-paraná no NNW, próximo a desembocadura do Machadinho (Tabajara); no oeste, no Igarapé da Prata; no centro, na sub-bacia do Tarumã (braço esquerdo); a NE na desembocadura do Igarapé Água Azul/Madeirinha; no norte, na sub-bacia do Igarapé Dois Irmãos/Madeirinha; no NNE no Igarapé Cujubim, próximo a desembocadura do rio Madeirinha. Estas áreas são impróprias para aterros domiciliares, industriais e todo tipo de efluentes. Também apresentam moderada suscetibilidade a erosão, exigindo infra-estrutura apropriada para construção de estradas e mecanização na agricultura.

Altos estruturais associados á *trends* de fraturamentos conduzem a erosões lineares profundas, com solos menos evoluídos, devido ao domínio da morfogênese sobre a pedogênese, como por exemplo: Neossolos Litólicos e Regolíticos.

Na área, os altos estruturais com *trends* de fraturamentos ocorrem, na bacia do Igarapé Prainha (limite sul da ZA, SE da serra da Providência); no centro leste da área, no setor do rio das Rosas e Água Azul (bacia do Madeirinha); no oeste, na área da serra da Prata na sub-bacia do rio Machadinho. Estas áreas se caracterizam em campo pelo número de matacões e *boulders*, onde não há possibilidade de mecanização para a agricultura.

Na região, estas áreas normalmente estão sendo convertidas em pastagem de baixa rentabilidade e com elevada suscetibilidade a erosão do solo. Em função do fraturamento e da intensa circulação da água essas áreas são inadequadas

para a deposição de resíduos e localização de aterros sanitários. Para a atividade da agricultura deve-se ter cuidado com o uso de agrotóxicos, no sentido de evitar a contaminação de aquífero.

Em contrapartida, nota-se que nas áreas com altos abertos em função de basculamento por falhamento normal, ocorre intensa sedimentação, com solos profundos. As bordas dos canais apresentam maior propensão a desmoronamentos. A drenagem nestas áreas apresenta forte tropia e assimetria. Nestas áreas também deve ser evitado o uso para a deposição de efluentes e de agrotóxicos na agricultura, em função da ocorrência dessa descontinuidade, que fatalmente levará a contaminação do lençol subterrâneo.

**Baixos estruturais** - os baixos apresentam forma de bacia (depressões) e/ou sinformais (sinclinais). As anomalias de drenagem que caracterizam a depressão estrutural (baixo estrutural) se apresentam em estágio de erosão elevada, com inversão da topografia e aparecimento de uma calha central, segundo (Soares et al., 1982).

Os baixos estruturais, pela conformação em bacia, se apresentam como sistemas fechados, endorréicos e com circulação de água baixa e direcionada. Por esta forma, são locais de retenção de água (ambiente redutor) e de acumulação de elementos, pela menor lixiviação e maior retenção de nutrientes propiciando maior fertilidade aos solos. Nestas áreas predominam os processos de argilização e gleização e solos pouco evoluídos.

Os baixos estruturais associados a altos topográficos ocorrem na bacia do rio Ji-paraná: no S na sub-bacia do Igarapé Lourdes; no centro, nas nascentes do Igarapé Grande na sub-bacia do Tarumã; no WNW na sub-bacia do Igarapé Tarifa no rio Machadinho; SW, na área circundante a desembocadura do rio Jarú. Apesar da conformação do terreno ser propícia para a deposição de efluentes, a área é extremamente fraturada, com *trends* no sentido NS, se tornando inadequada para este fim.

Na bacia do Madeirinha ocorrem baixos estruturais associados a altos topográficos: no Centro/norte, no interflúvio dos Igarapés Moquém/Soledade; NNE, na sub-bacia São Francisco; SSE, nas nascentes do rio Soledade na Serra da Providência; NE, no Interflúvio Igarapé Grande/São Francisco; SSE áreas na

sub-bacia do igarapé Corgão (nascentes do Madeirinha) (2) e na sub-bacia do igarapé São João.

Shimbo (2006) acentua que nas áreas de baixos estruturais localizadas em altos topográficos não são recomendáveis curvas de nível, pois podem promover formação de processos erosivos lineares e movimento de massa, tornando-as propícias à erosão.

Zonas de baixo estrutural e alto topográfico, não fraturadas, são áreas recomendadas para implantação de aterros sanitários, pela conformação de bacia que tende a reter o movimento de percolação do fluido. Como estes locais são áreas de acumulação de argilas com alta capacidade de troca catiônica, auxiliam na redução do potencial poluidor do choroume (CAETANO, 2006).

No que se refere aos baixos estruturais associados a baixos topográficos (B/B) estas áreas são zonas de circulação de água subterrânea alta e direcionada constituindo áreas de acumulação. A pedogênese é menor que morfogênese. A alterabilidade é baixa e a erodibilidade muito a alta. Por serem áreas de acumulação de água, a corrosividade é alta, portanto, são áreas impróprias para obras enterradas, como as dutovias.

Os baixos estruturais quando associados à *trends* de fraturas e/ou fraturamentos se tornam altamente percolativos e suscetíveis à erosão, principalmente na direção destes fraturamentos, requerendo maiores cuidados em seu manejo e ocupação.

Os baixos estruturais associados a baixos topográficos ocorrem na bacia do rio Ji-paraná no setor NW, na sub-bacia do Igarapé Mucura no Machadinho; no centro/norte, na sub-bacia do igarapé Buenos Aires e no baixo rio Tarumã. Na bacia do rio Madeirinha, ocorre: no WSW na sub-bacia rio das Rosas (em três áreas); no setor NNE, na sub-bacia do Igarapé da Cobra e nas nascentes do Igarapé do Veado.

Nas figuras 5.17 a 5.24 são apresentadas ilustrações de algumas áreas com altos e baixos estruturais associados a altos e baixos topográficos, e como estas áreas se apresentam na paisagem e características relativas.

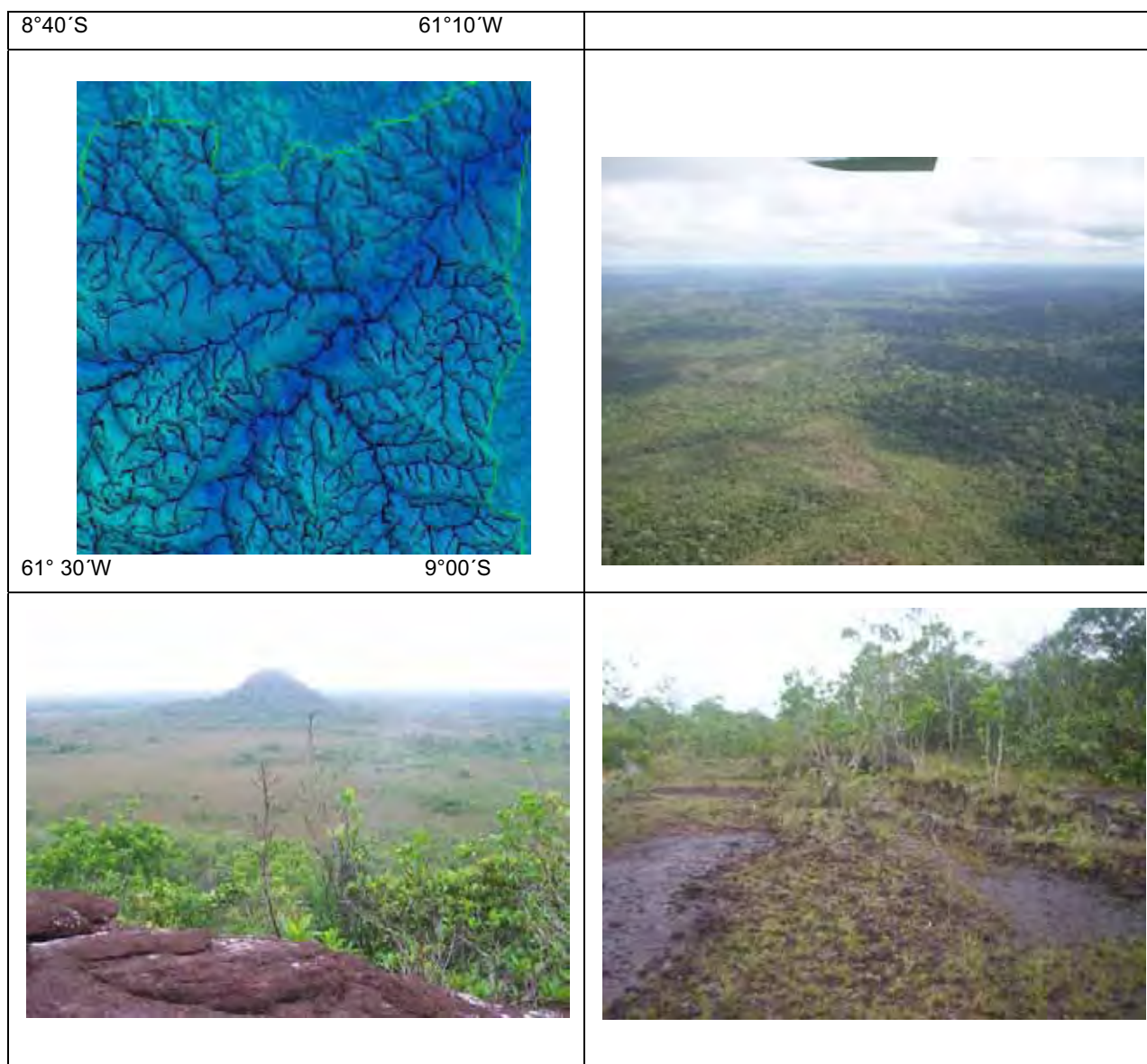


Figura 5.17 a,b,c e d - Alto estrutural/ AltoTopográfico sub-bacia do Jatuarana - Madeirinha (AM) Relevos Tabulares sobre a Formação Palmeiral, com lajedos e morros residuais

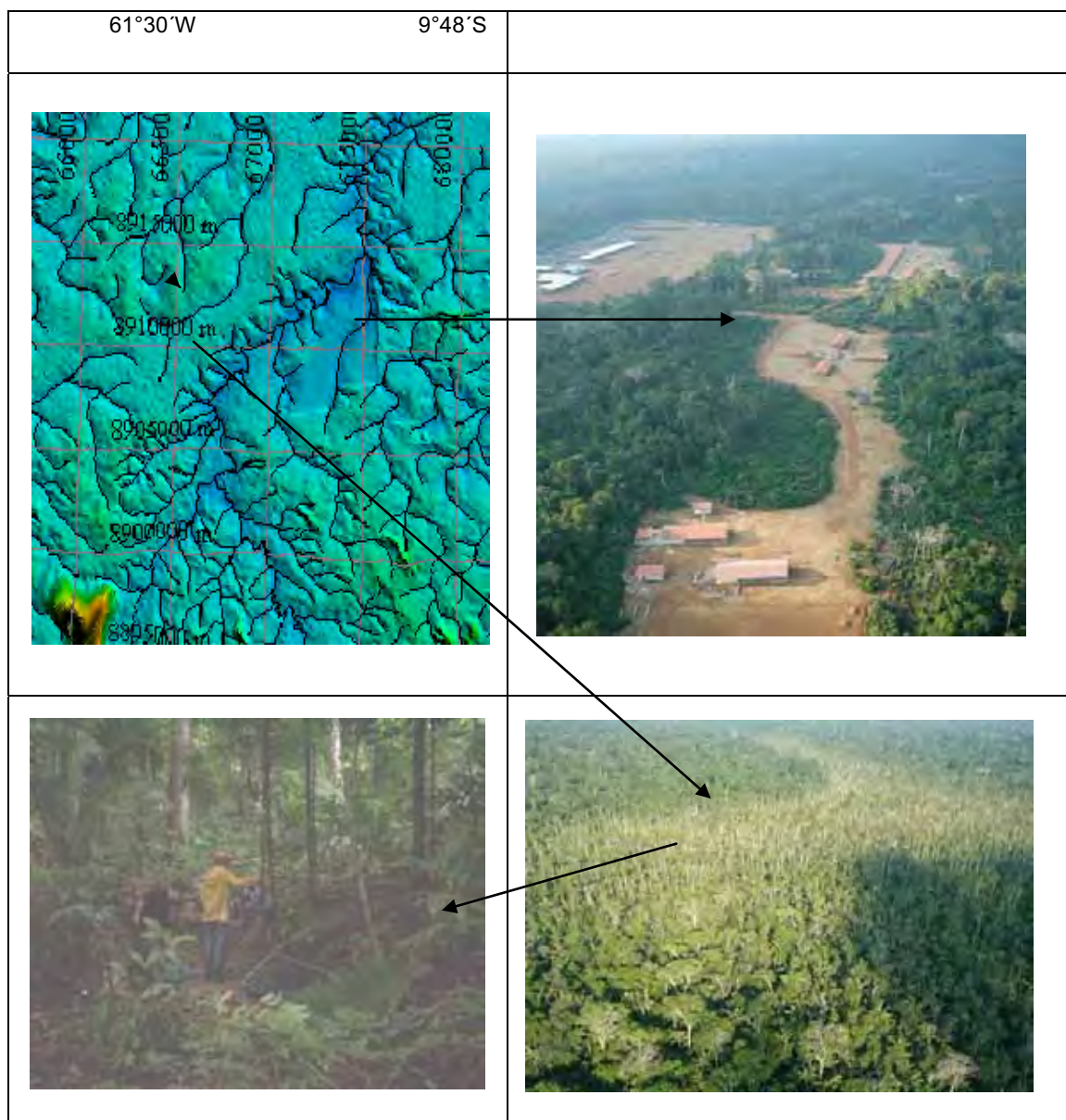


Figura 5.18 a,b,c e d - Alto Estrutural e Baixo Topográfico nas nascentes do rio Soledade – Madeirinha (MT)

Área de altos estruturais abertos com lineamentos N30W e N50E evidentes e angulosidade na rede de drenagem.

Em campo verificou-se a ocorrência paleo-leito de rio, povoado por palmáceas, formando paisagem de veredas invertidas, nas nascentes do rio Soledade – Madeirinha (MT).

Os Altos Estruturais, por se apresentarem estruturalmente mais elevadas, segundo Campos & Teixeira (1988), respondem pela mudança de direção dos cursos fluviais, pelo desenvolvimento dos trechos com menor sinuosidade, pelo

estreitamento das planícies de inundação e pelo aparecimento de terraços erosivos.

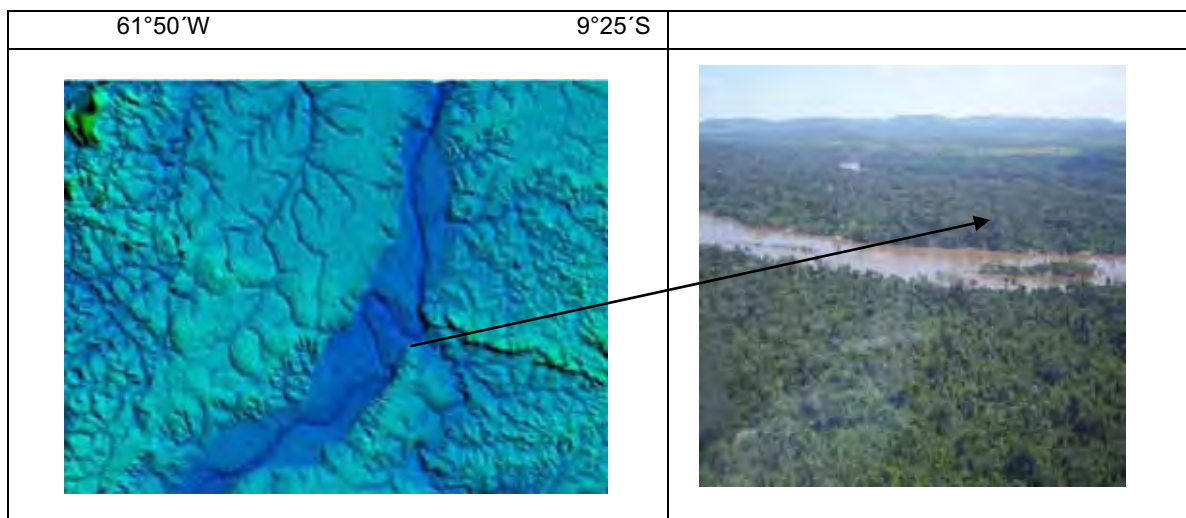


Figura 5.19 a e b - Baixo estrutural e baixo topográfico da confluência do Tarumã no rio Ji-Paraná (paleo-leito de rio).

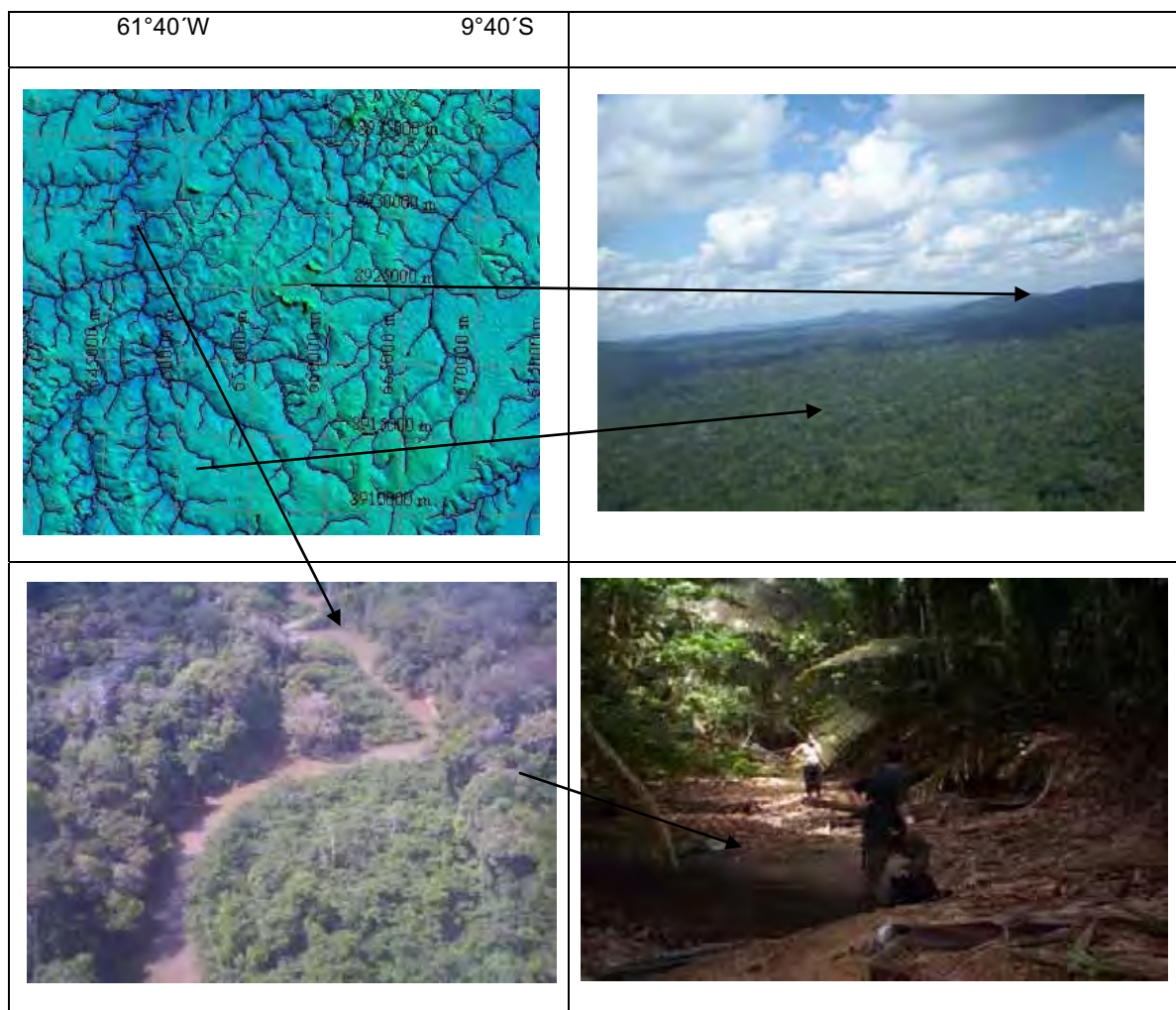


Figura 5.20 a,b,c e d - Alto Estrutural e Baixo Topográfico na Planície do rio Tatumã, no centro da Rebio Jaru (RO);

As figuras 5.20 se visualiza planície com alto e baixo estrutural: área com basculamentos evidenciados por rios secos e desnivelamentos abruptos no terreno. As Figuras 5.21 mostram um baixo estrutural inumado em área de alto topográfico na região sudeste da área, no entorno da Serra da Providência.

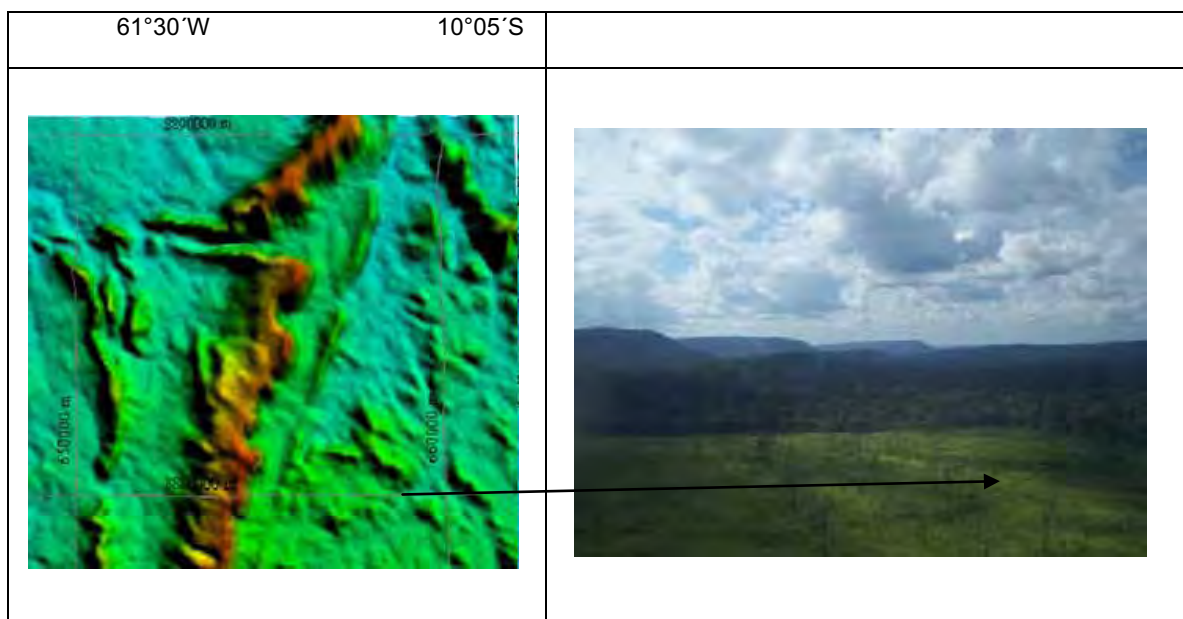


Figura 5.21 a e b - Baixo Estrutural e Alto Topográfico em relevo monoclinal (hog back) - Serra da Providência.

Na figura 5.22, alto estrutural e topográfico localizado na região da Serra da Prata.

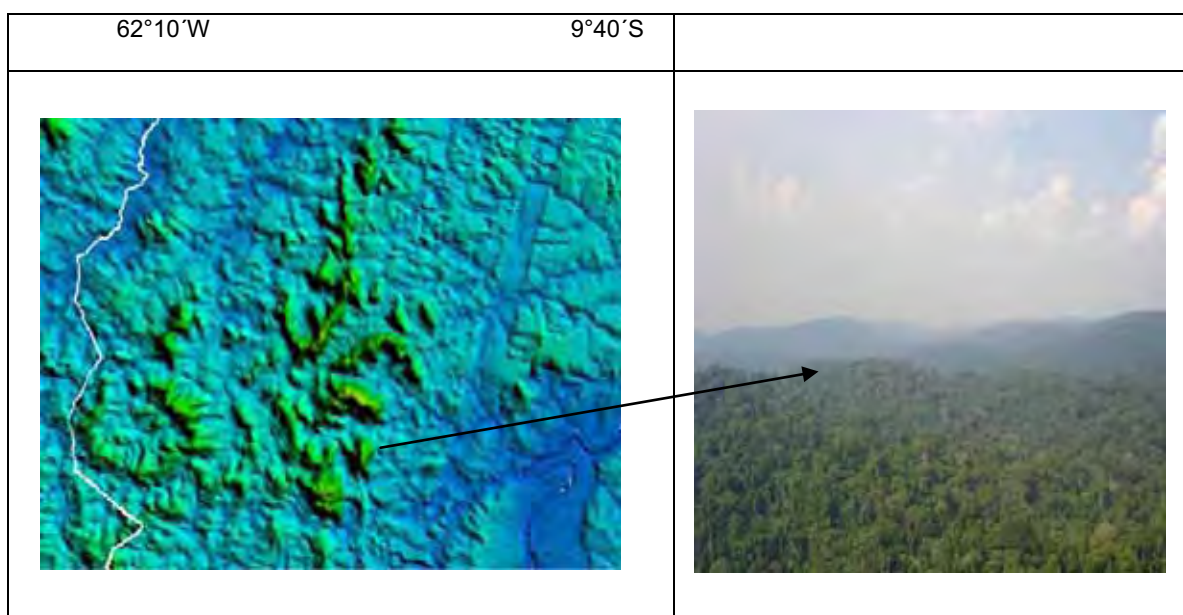




Figura 5.22 a e b - Alto estrutural e Alto topográfico da serra da Prata – RO.

A figura 5.23 apresenta exemplo de baixo estrutural em área de alto topográfico entre a Serra da Providência e a Serra da Onça.

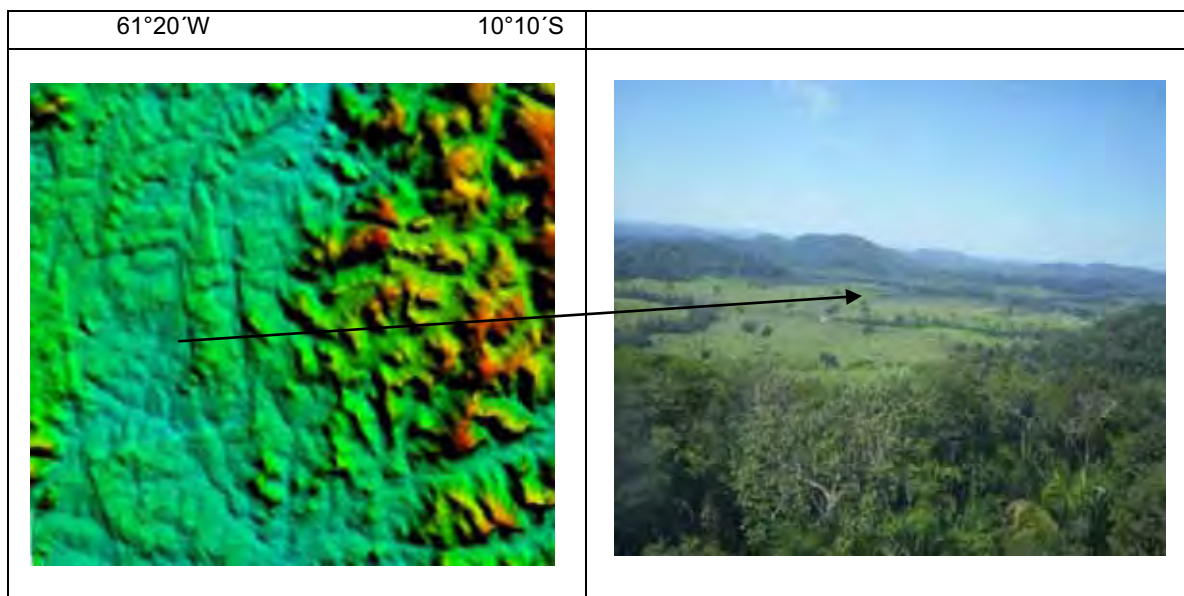


Figura 5.23 a e b - Baixo Estrutural e Alto Topográfico em relevo de agrupamento de morros e colinas á leste da Serra da Providência.

Baixo estrutural muito fraturado com trend na direção NW40-60.

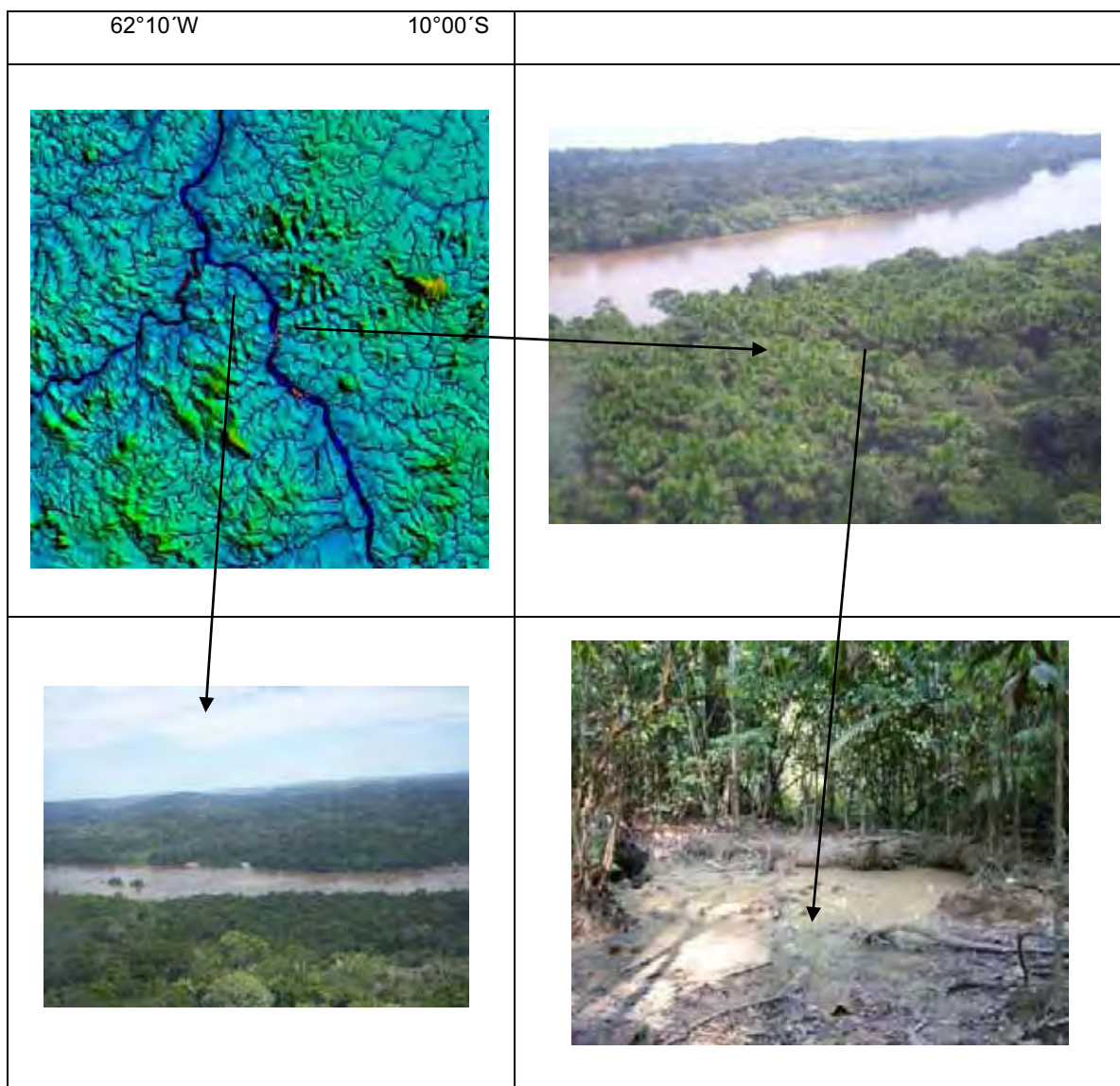


Figura 5.24 a, b, c e d - Baixo Estrutural na desembocadura do rio Jaru no Ji-paraná

b) Baixo Estrutural /Baixo topográfico povoado de buritizais; c) alto topográfico na serrinha d) O solo muito argiloso forma barreiros com acúmulo de sais, muito procurado pelos animais silvestres. Trends NS em toda área.

### 5.3 – ANÁLISE DA MORFOESTRUTURA RÚPTIL

Esta análise buscou identificar lineamentos retilíneos de relevo e drenagem, de grandes e pequenas extensões, tais como os falhamentos ou lineamentos estruturais e traços de juntas resultantes de deformações rúpteis da crosta terrestre e que evidenciam áreas com diferentes graus de estabilidade tectônica. Estas estruturas geológicas caracterizam áreas suscetíveis à erosão natural e vulnerabilidade acentuada às atividades antrópicas e são tidas como as principais responsáveis pela geometria dos processos desencadeadores de instabilidades em taludes naturais e nos cortes ao longo das rodovias (MATTOS et al., 2005).

A utilização da Imagem SRTM com visualização no Software Global Mapper se mostraram eficientes para o desenvolvimento da identificação e mapeamento dos lineamentos estruturais. A extração dos traços de juntas foi favorecida pelo adensamento da rede de drenagem a partir do DEMSRTM.

#### 5.3.1 - TRAÇOS DE JUNTAS

As juntas são pequenas feições fortemente estruturadas e retilíneas de drenagem que, quando interpretadas em produtos de Sensoriamento Remoto e sob o ponto de vista geológico, são chamadas de traços de juntas (Franzoni, 2000).

As juntas representam a intersecção de planos de fraturas verticais a subverticais com a superfície do terreno (VENEZIANI, 1987) e correspondem a linhas de fraqueza crustal, reativadas por processos distensivos. As feições ligeiramente curvilíneas representam a intersecção de planos de fraturas com médios a baixos ângulos de mergulho, e são resultantes de deformações localizadas, como dobras flexurais.

As zonas de juntas, de acordo com Plika (1974) e Madrucci et al. (2002), se referem a sistemas de fraturas paralelas a subparalelas, com espaçamento bem definido (centimétrico a métrico), que se estendem até centenas de quilômetros e podem atingir grandes profundidades.

As direções principais de canais de primeira e/ou segunda ordem de drenagem evidenciam as direções dos sistemas de juntas, uma vez que esses canais se instalam nestes planos de fraqueza.

Na figura 5.25 estão representados os traços de juntas com extensão entre 500 e 800 metros retirados a partir de canais retilíneos de 1ª e 2ª ordem do mapa de drenagem adensada.

As duas principais direções de maior frequência encontradas são denominadas de máximo 1 e máximo 2, representados com traços nas cores vermelha e verde, respectivamente (Figura 5.26)

A análise da filtragem dos traços de junta em máximos 1 e 2 teve como objetivo estabelecer a visão regional do processo deformacional, principalmente onde estes máximos mudam bruscamente de direção.

Nestas regiões existe uma variação no regime do campo de tensão da deformação e, conseqüentemente maior fraturamento do maciço rochoso e coberturas superficiais profundas caracterizando áreas de maior susceptibilidade erosiva. No caso de uso inapropriado dessas áreas, há maior probabilidade de desenvolvimento de erosões lineares profundas e desmoronamentos e desbarrancamentos pela colapsividade de materiais.

As zonas onde ocorreram as mudanças de direções foram delimitadas por polígonos (em mapas distintos), com as direções dos traços registradas dentro destes, conforme pode ser visualizado nas figuras 5.27 e 5.28. Sobre as zonas encontradas foram traçados os eixos direcionais de máximo 1 e de máximo 2 .

O mapa de Zonas de Variação de Máximos e Eixos representa, respectivamente, as zonas de maior variação de tensão estrutural e tendência regional de fraturamento.

Para análise da suscetibilidade natural, consideramos aqui que tanto as zonas de variação de máximo 1 como as zonas de variação de máximo e 2 tem a mesma potencialidade à erosão.

As zonas de máximo 1 da área de estudo apresentaram direção preferencial NW e o máximo 2 na direção NE. Essas direções são as direções de fraqueza mais antigas na área. As direções Norte e sul também são representativas.

Os resultados dessas direções corroboram com os estudos de Soeiro et al. (1977).

Figura 5.25 – Mapa de traços de juntas extraídas da rede de drenagem adensada .

Figura 5.26 – Principais direções de traços de juntas

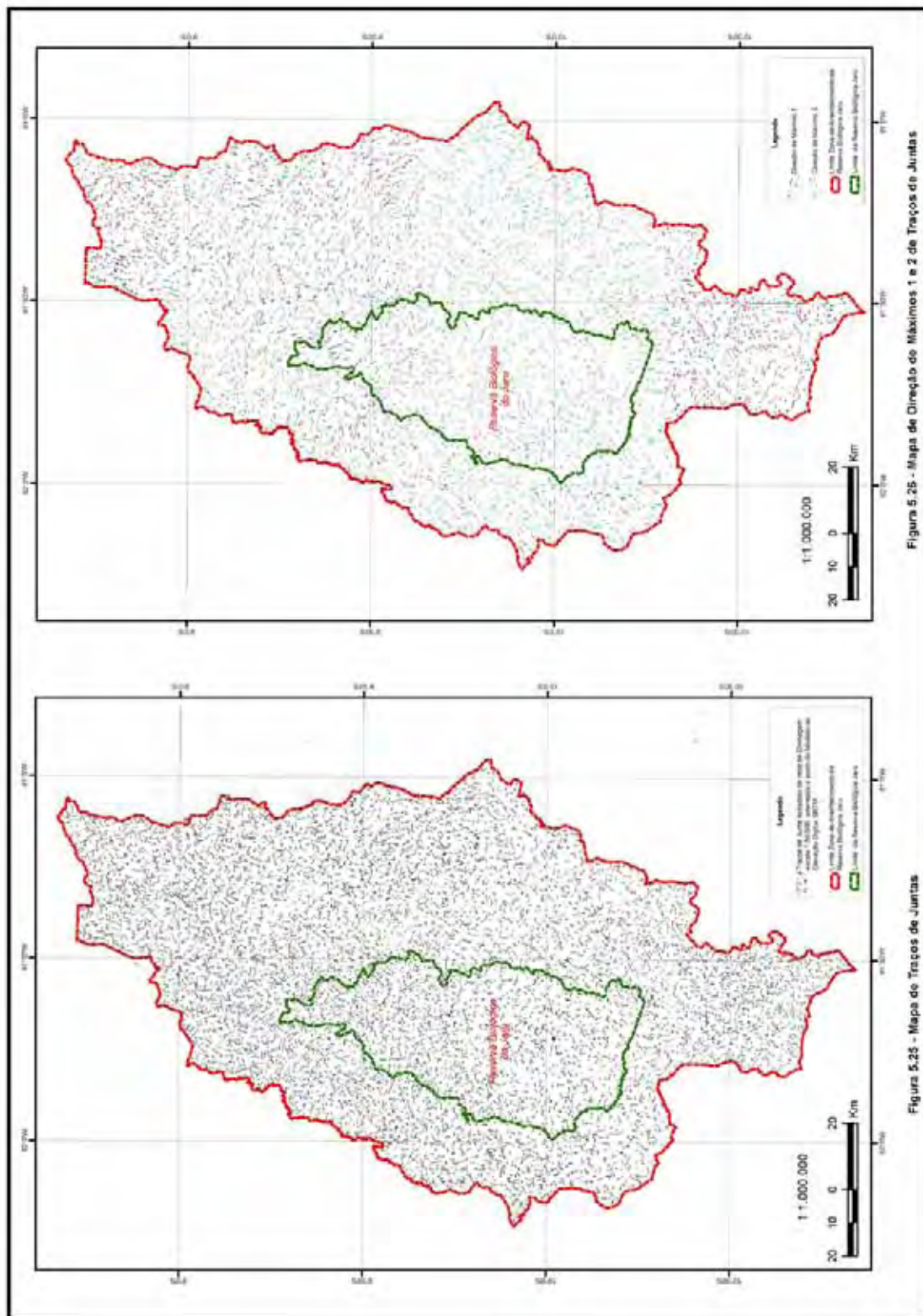


Figura 5.27 – Mapa de Zonas de Variação de Máximos 1 e Eixos.

Figura 5.28 - Mapa de Zonas de Variação de Máximo 2 e Eixos.

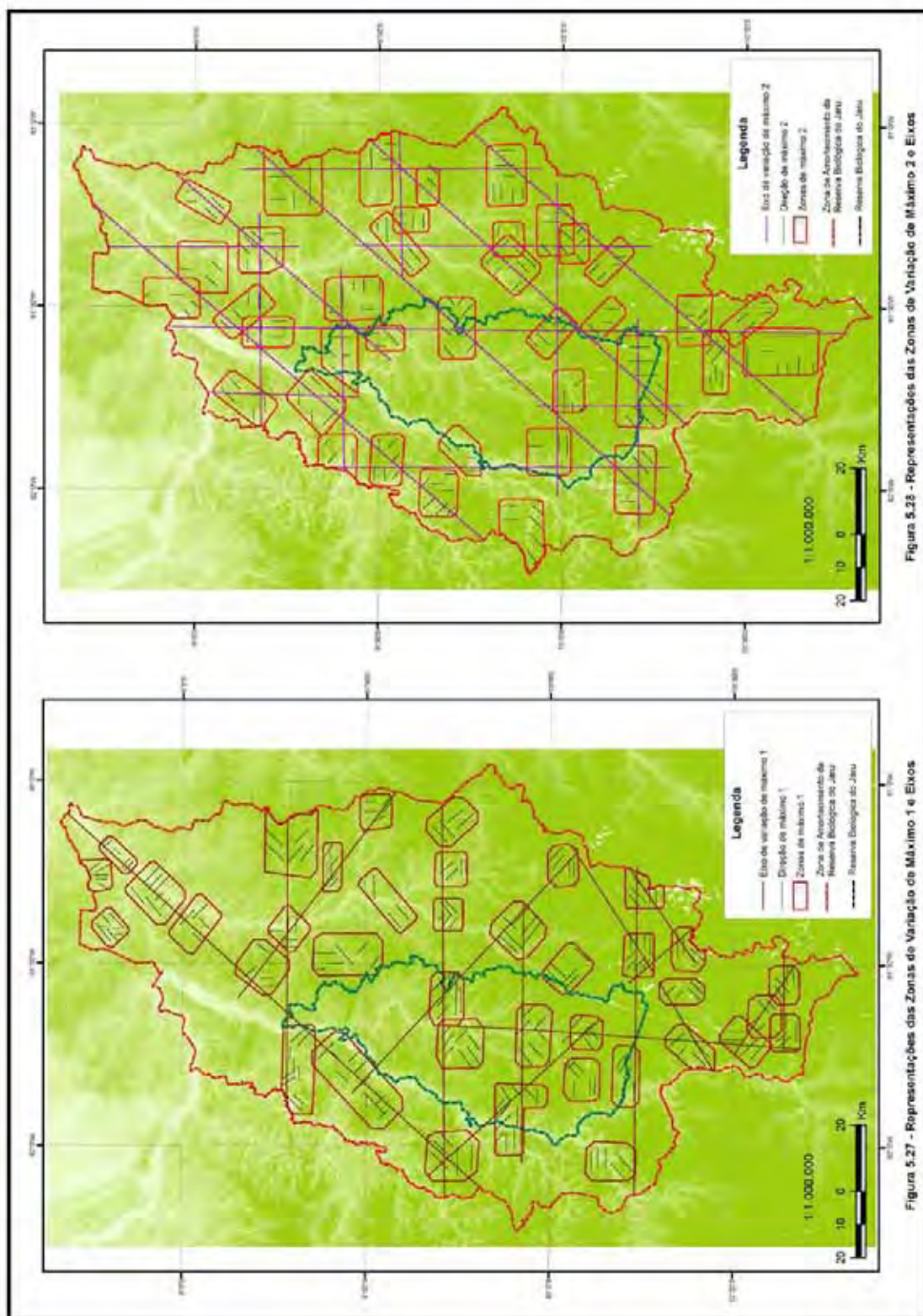


Figura 5.28 - Representações das Zonas de Variação de Máximo 2 e Eixos

Figura 5.27 - Representações das Zonas de Variação de Máximo 1 e Eixos

Os mapas gerados foram sobrepostos, para identificação e delimitação das áreas com intersecção da variação de direção de máximos 1 e 2. Estas áreas são denominadas de zona de variação de máximos 1 e 2 (ZVM 1 e 2) .

Nas áreas onde ocorre a variação conjugada dos máximos 1 e 2, naturalmente haverá uma maior suscetibilidade a processos erosivos, pois são áreas onde os processos erosivos já se instalaram e são propensas a novas ações tectônicas.

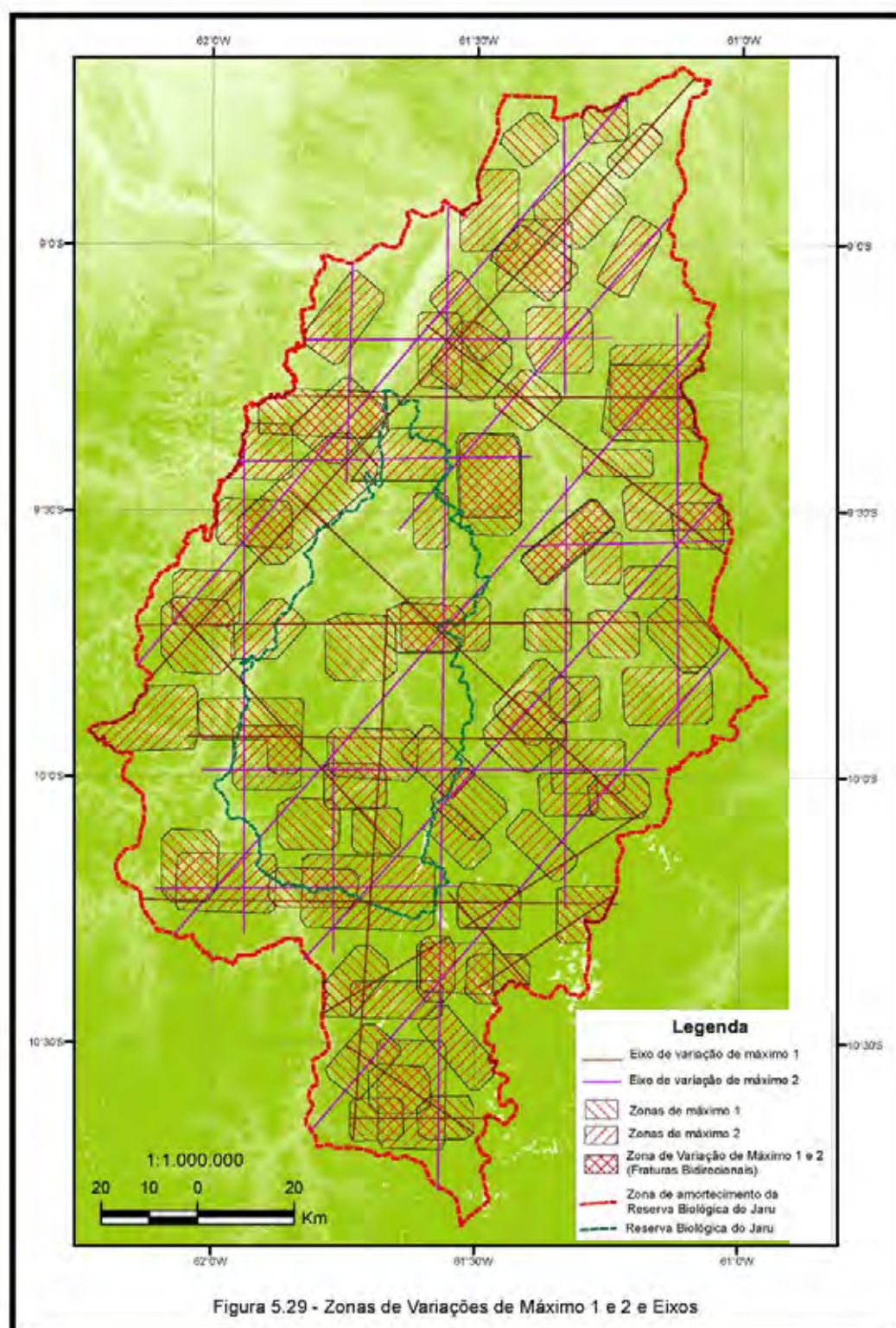
A classificação destas zonas associadas à erodibilidade segue a proposição de Mattos et al. (2002).

Zona de Variação de máximo	Suscetibilidade a erosão
Sobreposição de variação de Máximos 1 e 2	Muito Alta - maior suscetibilidade a processos erosivos, pois são áreas com fraturamentos bi direcionais, e onde os processos erosivos já se instalaram duplamente. São áreas de risco potencial de erodibilidade do solo e rupturas de encostas.
Variação de Máximo 1	Alta - áreas problemas com fraturamentos unidirecionais e onde os processos erosivos já se instalaram sendo propensas às novas ações tectônicas.
Variação de Máximo 2	Alta – áreas problema com fraturamentos unidirecionais, que podem potencializar o grau de erodibilidade da área com processo instalado, sendo propensas a novas ações tectônicas.

*Quadro 5.1 - Classificação das Zonas de variação de máximos quanto a Erodibilidade*

Os eixos de direção destas zonas indicam o sentido destas fraquezas e devem ser levados em conta no planejamento de obras civis. Para o planejamento de uso destas áreas, os eixos indicadores de um dos máximos sinalizam uma possível anisotropia (unidirecional) na direção da fraqueza, e que devem ser evitadas pela interceptação de obras de engenharia.

Figura 5.29 – Representação do mapa de zona de variação de máximos 1 e 2 e eixos





Ao sobrepor os mapas com as zonas de variação do máximo 1 ao do máximo 2, espacializou-se as zonas de variação de máximos 1 e 2 da área de estudo, e pode-se observar que estas tem seus eixos orientados nas direções: N30E com espaçamento regular em torno 20 km; EW com espaçamento médio de 10 km; NS com espaçamento de 25 a 30 km e N45W com espaçamento 30 a 35 km. Isto mostra que as zonas de variação de máximo, embora localizadas, apresentam uma preferência de ocorrerem nas direções citadas (como eixos preferenciais), o que conferem uma tendência regional ou de regionalização dessas anomalias.

Algumas destas direções foram confirmadas em campo e outras são encontradas na literatura (SOEIRO et al., 1978; SCANDOLLARA, 1999; CPRM, 2000; VENEZIANI et al. 2004).

Pôde-se notar que, uma grande vantagem apresentada pelo mapa de variação de máximos e seus eixos, é que esses eixos indicam as zonas de maior variação de tensão orientadas regionalmente (direção tectônica mais ativa). Conforme Madrucci et al., 2003, os eixos de distribuição das variações de máximos são correlacionáveis às direções de fraquezas crustais mais antigas que em fase posterior serviram como corredores e foram responsáveis pelo controle do desenvolvimento de novos sistemas de fraturamentos.

Na área, as anomalias com sobreposição de zonas de variação de máximos 1 e 2 ocorrem:

Na bacia do rio Ji-paraná: nas nascentes do Igarapé Lourdes; no Igarapé Água Azul, na sub-bacia do rio Jaru; nas nascentes do rio Anari; no interflúvio dos igarapés Preto e Mucura na sub-bacia do rio Machadinho; no Igarapé do Cajueiro, na sub-bacia do rio Tarumã (entre as confluências dos igarapés Manduquinha e Atoleiro, localizadas no interior da Rebio Jaru).

Na bacia do Madeirinha: nas nascentes deste na Serra da Providência; na sub-bacia do igarapé das Onças, na confluência do rio das Rosas; nas nascentes do igarapé dos Veados; na sub-bacia do Igarapé Água Azul; nas nascentes do igarapé São Francisco; na sub-bacia do Igarapé do Moquém; na sub-bacia do Igarapé São Félix, e; no interflúvio dos Igarapés Santo Antônio e Dois Irmãos.

Destaca-se que essas zonas de variação de máximos são regiões intensamente rompidas, com forte circulação de água, com ambiente oxidante, o que origina zonas intensamente lixiviadas e erodidas.

Em áreas de relevo acidentado ocorrem processos de escorregamentos naturais muito acentuados. A cobertura florestal contribui para amenizar a baixa estabilidade dessas áreas. No entanto é comum se encontrar erosão à remontante dentro da floresta (cabeceiras de canais de 1ª ordem). Nestas áreas a intervenção antrópica deve ser mínim, com recomendações para proteção ambiental.

### 5.3.2 - ANÁLISE DOS LINEAMENTOS ESTRUTURAIS

Lineamentos estruturais são tidos como uma superfície de ruptura ao longo da qual ocorreu um movimento relativo entre blocos. Os lineamentos estruturais podem ocorrer com dimensões muito variáveis: desde falhas em escala de afloramentos até centenas ou milhares de quilômetros. As superfícies de rupturas mapeadas são freqüentemente planas, ou levemente curvilíneas, e se apresentam evidenciadas pela orientação (retilínea ou curvilínea) fortemente estruturada da rede de drenagem.

A área da ZA da Reserva Biológica do Jaru está encaixada entre os falhamentos de natureza transcorrente do Rio Ji-paraná, a oeste, e Serra da Providência e Roosevelt, a leste; ao norte, ao lineamento Calama-Tabajara. Outros lineamentos estruturais aparecem representados no mapa Geológico da Reserva Biológica do Jaru e entorno.

As direções destes lineamentos estruturais segundo CPRM (2004) estão registradas no quadro 5.2.

A esses lineamentos estruturais foram incorporados os resultantes da extração de lineamentos sobre a imagem SRTM, para conhecimento das direções principais e disposição de isovalores de densidade de lineamentos da área.

Lineamentos estruturais regionais (de contato)	Direção
Lineamento Calama – Tabajara	N60W
Lineamento da Providência e Madeirinha	N20E
Lineamento 14 de Abril	N20-30E
Lineamento do rio Ji-paraná ou Machado	N10-20E
Lineamento do Buenos Aires	N10E
Lineamento do Atoleiro/Manduquinha	N30E
Lineamento do Morro Queimado	N20W
Lineamento Igarapé Lourdes	N60W
Lineamento do Tarumã	N10E
Lineamento do Madeirinha	N10E
Lineamento do Madeirinha (arco)	N30W
Lineamento do rio Jaru	N30-40W
Lineamento do Igarapé Seis Contos	N60W
Lineamento do Igarapé do Veado	N60W
Lineamento do igarapé das Onças	N30W
Lineamento do igarapé do Corgão	NS
Lineamento do Machadinho	N30E
Falha do Moquém	N70E

Quadro 5.2 - Lineamentos regionais e direções

### 5.3.2.1- Extração dos Lineamentos Estruturais com a SRTM

Esta análise buscou identificar alinhamentos de relevo e drenagem, de grandes e pequenas extensões, tais como os falhamentos ou lineamentos estruturais e fraturas resultantes de deformações rúpteis, dúcteis e de cisalhamento na área. Através da utilização da imagem SRTM (NASA, 2000), foram traçados os lineamentos estruturais mais evidentes da área (considerando uma margem de erro geral bem distribuída).

A extração se deu em meio digital e em meio analógico para comparação dos resultados.

Em meio analógico, a extração dos lineamentos estruturais se deu com a imagem em escala de 1:250.000, em mesa de luz e utilizando lupa de aumento em 4x, com overlay sobreposto para geração de mapa.

Em meio digital os lineamentos estruturais foram extraídos diretamente da imagem na tela do computador, utilizando o software Global Mapper.

O meio digital facilita a extração dos lineamentos estruturais, para pequenas áreas. Para áreas de grande extensão, como a área de estudo, a continuidade

dessas feições se tornou difícil de serem visualizadas na tela, tornando o trabalho repetitivo e exaustivo. À medida que o trabalho evoluiu, algumas feições foram ficando mascaradas pelas estruturas já delineadas.

Ao final, considerou-se, entretanto, que os resultados obtidos em meio analógico atendiam com mais segurança para o estudo proposto.

### 5.3.2.2 – Principais Direções dos Lineamentos Estruturais

No processo de extração foram delineados 372 lineamentos estruturais sobre o overlay sobreposto à Imagem SRTM (figura 5.31), que foram classificados por suas direções no software Global Mapper, conforme visualizados na figura 5.32.

Pela classificação das principais direções dos lineamentos extraídos na imagem pôde-se obter um levantamento estatístico, conforme diagrama da figura 5.30.

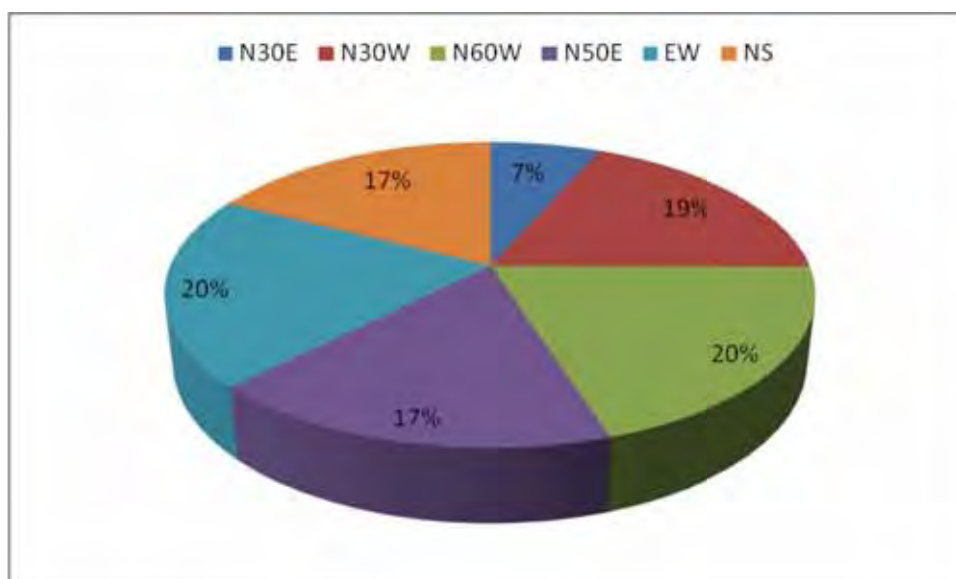
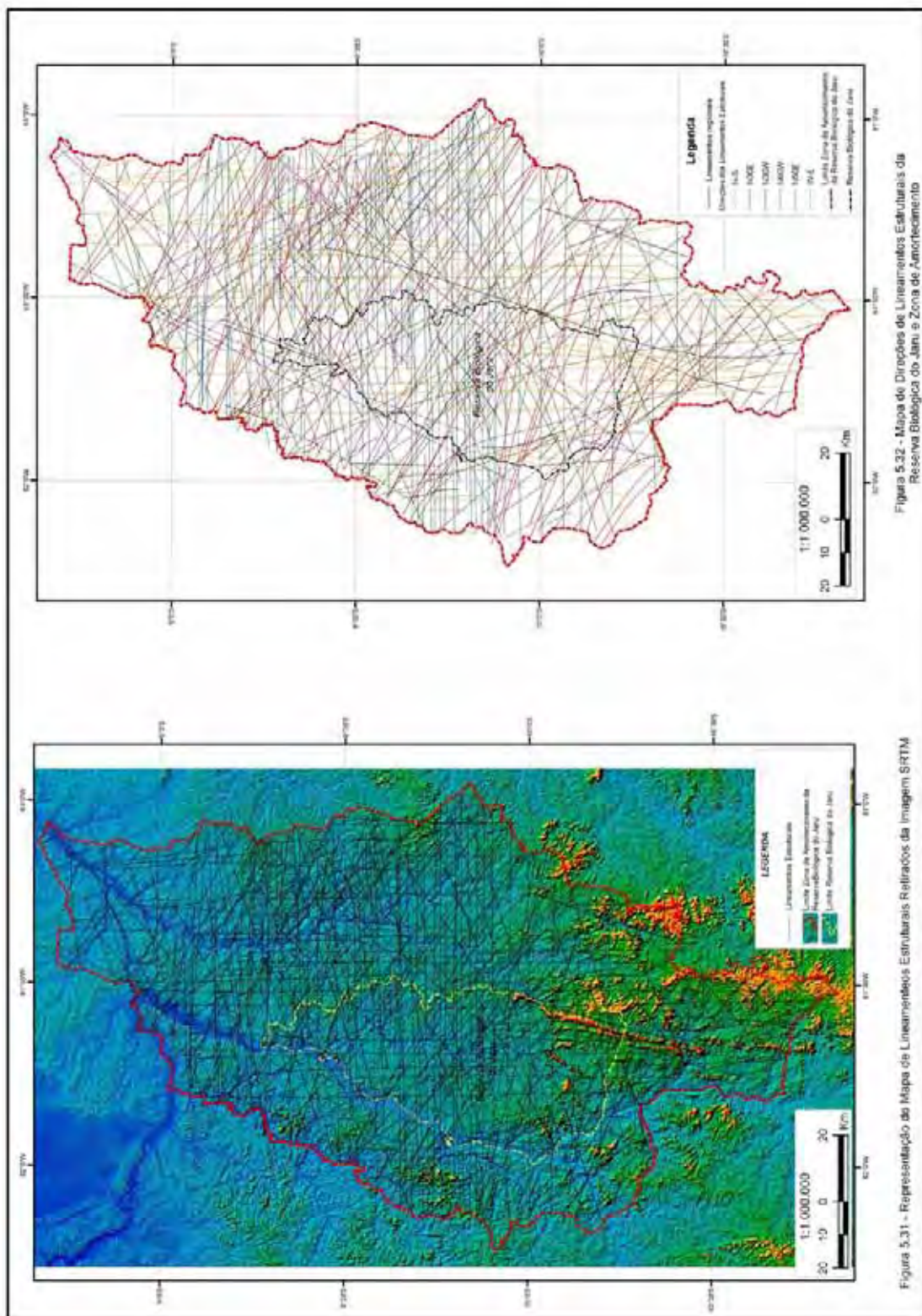


Figura 5.30 – Diagrama com percentuais das principais direções dos lineamentos estruturais da Rebio Jaru e Zona de Amortecimento

Figura 5.31 – Representação dos lineamentos estruturais da ZA sobre a imagem SRTM

Figura 5.32 – Mapa de direções de lineamentos estruturais da ZA



As características espaciais desses lineamentos estão presentes no quadro 5.3:

<b>Direção - cor do traço no mapa</b>	<b>Características</b>
EW – (N80E) – cor azul	Trend com tendência para 80 a 85 E com espaçamento médio de 10 km com 20% de lineamentos.
N60W – cor vermelha	Direção mais freqüente com espaçamento regular médio de 20 km com 20% de lineamentos
N50E – cor verde	Direção mais evidente, com espaçamento regular de 15 km com 17 % de lineamentos.
N30W - cor marrom	Direção com espaçamento regular de 30 KM, com 19% de lineamentos.
NS a N10E – cor amarela	Direção com espaçamentos de 20 a 30 km são as mais extensas com 17% de lineamentos.
N30E – cor púrpura	Direção em menor freqüência espaçamento regular que 30 km (mais muito importantes) com 7% de lineamentos.

Quadro 5.3 – Principais direções dos lineamentos estruturais da ZA Rebio Jarú

### 5.3.2.3 - Determinação dos principais sistemas de cisalhamento

As direções principais mapeadas foram ordenadas segundo a frequência e foram combinadas no Sistema Conjugado Riedel (1929), apud Mattos (1986), com o objetivo de encontrar as principais direções compressivas da área, que definem as zonas de cisalhamento. As zonas de cisalhamento intenso definem zonas de colapso dos materiais.

O modelo de Riedel (figura 5.33a) foi desenvolvido a partir da observação das estruturas formadas numa camada de argila assentada num bloco rígido, dividido em duas partes, que escorregava uma pela outra, ao longo de uma face vertical. Observaram-se dois sistemas de fraturas conjugadas (R e R'), que passaram a ser conhecidas pela designação de conjugado de Riedel, orientadas, respectivamente, a 10°-15° e a 75°-80° da direção do movimento ( $\sigma_1$ ), que poderiam, na dependência das propriedades da argila, formar-se fraturas de tração, perpendiculares a  $\sigma_3$  ( $\sigma_3$ ).

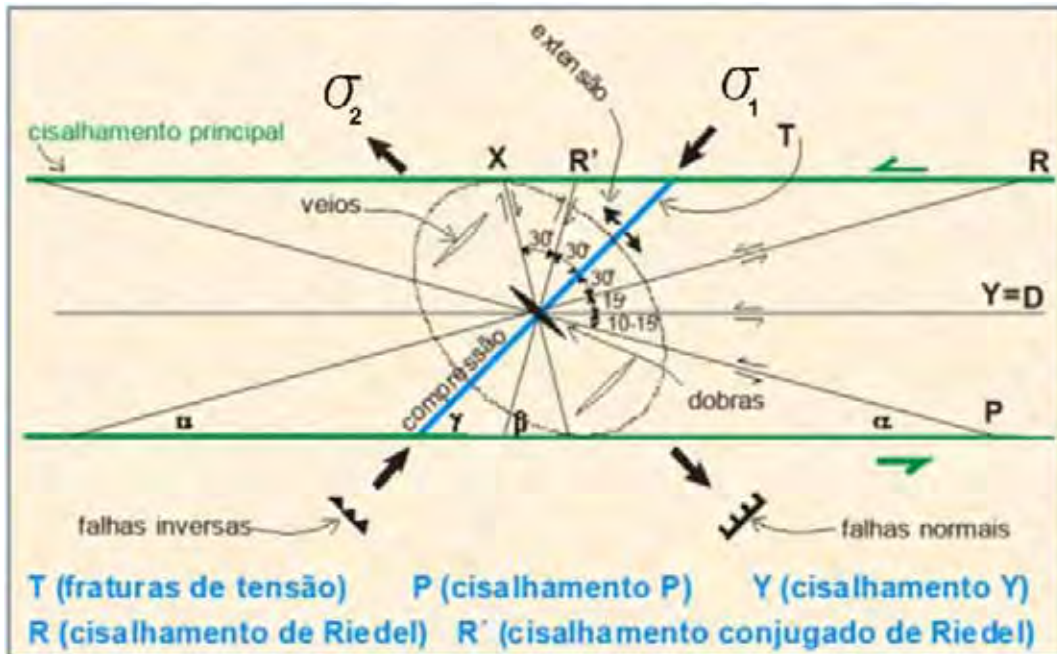


Figura 5.33a - Elipsóide de deformação (conjugado de Riedel) Zona de cisalhamento sinistral

(Modelo de sistema puro)

Zona de cisalhamento que mostra as relações entre as diferentes fraturas segundo Riedel;  $\sigma_1$  – eixo de encurtamento máximo ou compressivo;  $\sigma_3$  – eixo de alongamento máximo ou distensivo; R-R' sistema conjugado de Riedel: T – Fraturas de extensão; P – Sistema simétrico de R.

Foram testados sistemas utilizando as principais fraturas definidas no sistema de Riedel, tais como as fraturas R e R', as fraturas de extensão T e um sistema de fraturas P, simétricas a R, conforme destacado abaixo:

- ZONA PRINCIPAL - P: direção do cisalhamento
- ZONA SINTÉTICA - R: fraturas menos freqüentes que originam fortes deslocamentos no sentido principal (permite que o movimento aconteça)
- ZONA ANTITÉTICA - R': zona de freio responsável por efeitos de rotação e bloqueio do movimento principal (aparece toda particionada nas áreas).
- ZONA TRACIONAL - T: direções distensivas representadas por sistemas abertos.
- ZONA ANTITÉTICA SECUNDÁRIA – X: zona de freio e bloqueio do movimento principal

Quadro 5.4 – Características das zonas de cisalhamento no conjugado de Riedel

No sistema conjugado de Riedel, admite-se para as fraturas R o mesmo sentido do movimento da zona de cisalhamento (falhas sintéticas). Estas fraturas são menos frequentes, mas apresentam fortes deslocamentos no sentido da zona principal (sistema aditivo). Já, as fraturas R', neste mesmo sistema conjugado, apresenta seu sentido contrário ao sistema principal (falhas antitéticas) e são mais importantes, produzem efeito de rotação e de bloqueamento do movimento geral (sistema subtrativo) da zona de cisalhamento (MATTOS, 1986). A área de transcorrência é seguida ou antecipada pela área de empurrão resultando no "transpurrão" e formando zonas abertas (zonas de grabens ou aulacógenos). As áreas de transcorrência são zonas de alívio de tensão.

Nas fases finais de cisalhamento, as transcorrências e empurrões que serviam de alívios da compressão cedem lugar, em níveis estruturais mais profundos, a um encurtamento crustal marcado por dois dobramentos flexurais ortogonais ou oblíquos que dão origem a altos e baixos estruturais de uma deformação dúctil.

Na sequência apresentamos os sistemas testados.



1ª. hipótese - Sistema sinistral NS e 2ª. Hipótese - Sistema destral N

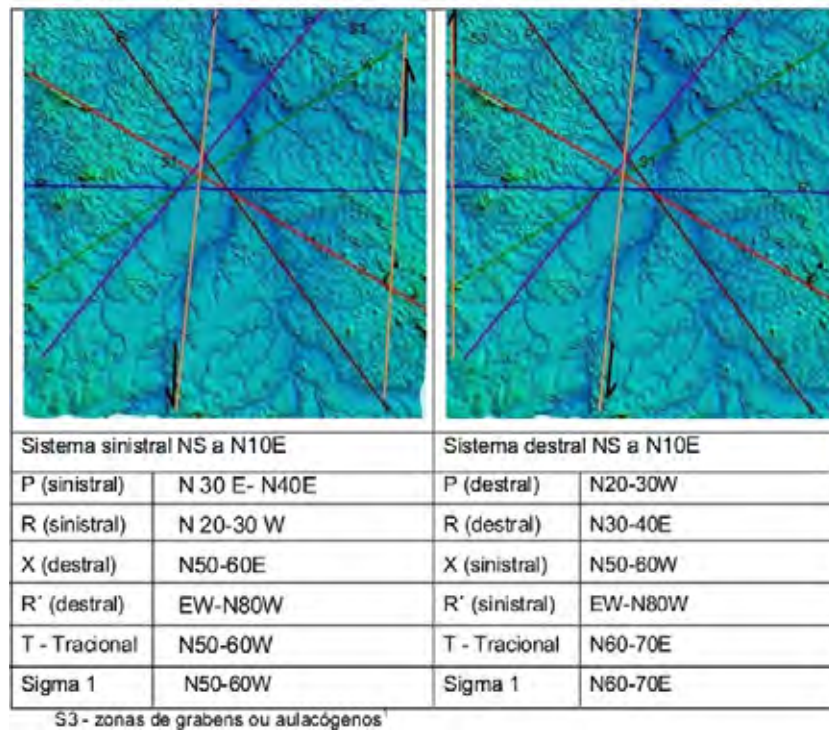


Figura 5.34 – a) Sistema Sinistral NS; b) Sistema Destral NS

3ª. hipótese - Sistema sinistral EW (N80E) e 4ª. Hipótese - Sistema destral EW (N80E)

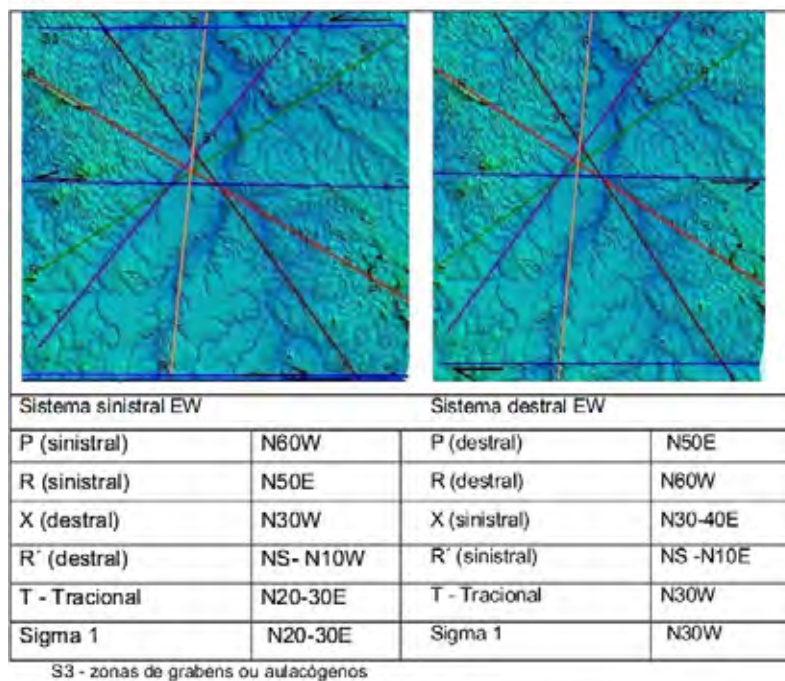


Figura 5.35 – a) Sistema EW Sinistral (N80E) e b) Sistema Destral EW (N80E)

5ª. hipótese - Sistema sinistral N50E e 6ª. hipótese Sistema destral N50E

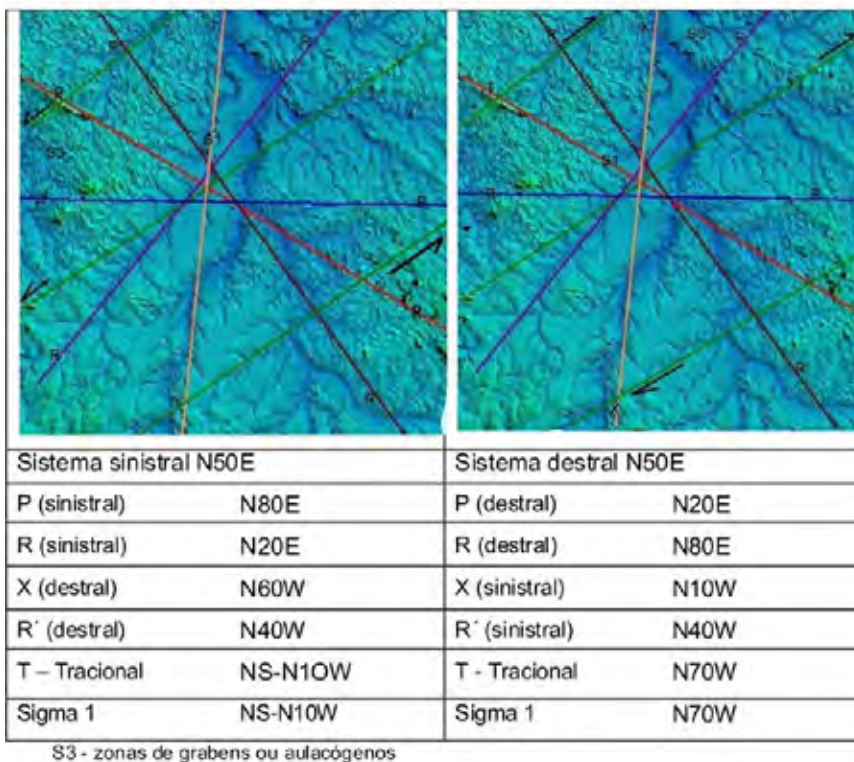


Figura 5.36 – a) Sistema Sinistral (N60W) e b) Sistema Destral N50E

7ª. hipótese - Sistema sinistral N60W e 8ª. Hipótese - Sistema destral N60W

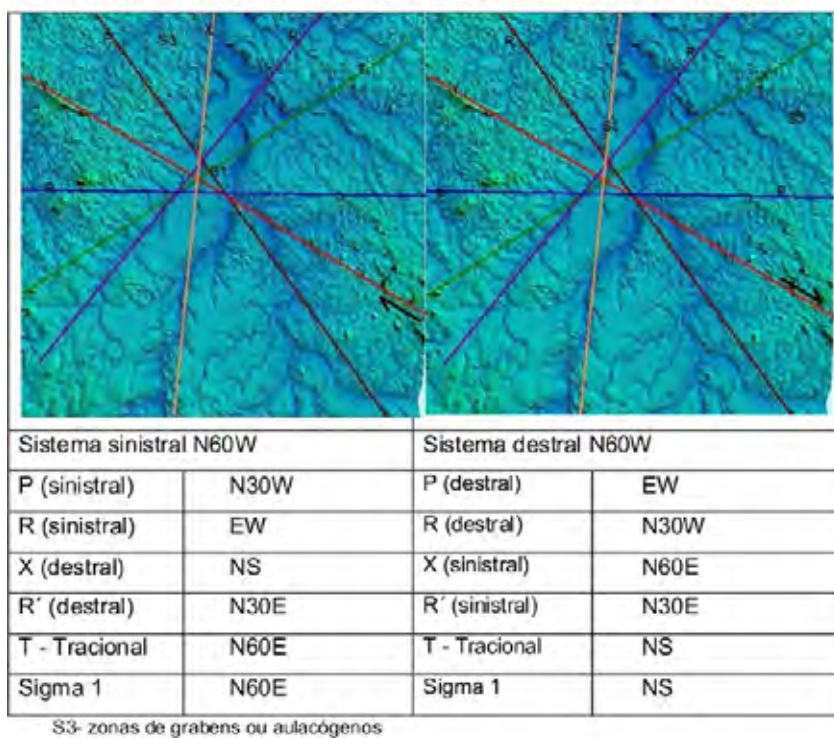


Figura 5.37 – a) Sistema Sinistral N60W e b) Sistema Destral N60W

9ª. hipótese - Sistema sinistral N30W e 10ª. Hipótese - Sistema destral N30W

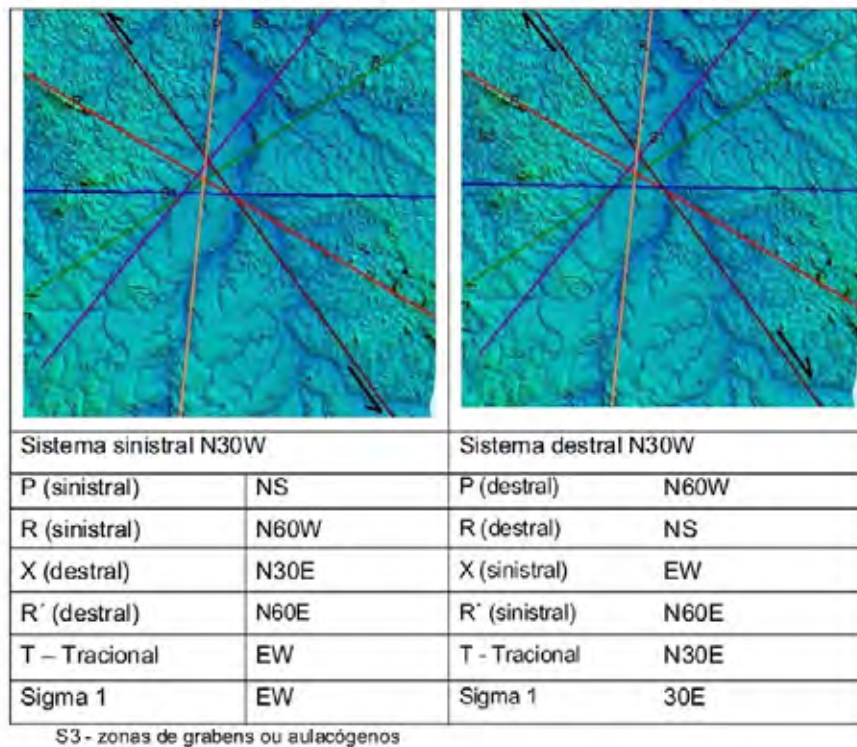


Figura 5.38 – a) Sistema Sinistral N30W e b) Sistema Destral N30W

11ª. Hipótese – Sistema sinistral N30E e 12ª. Hipótese – Sistema destral N30E

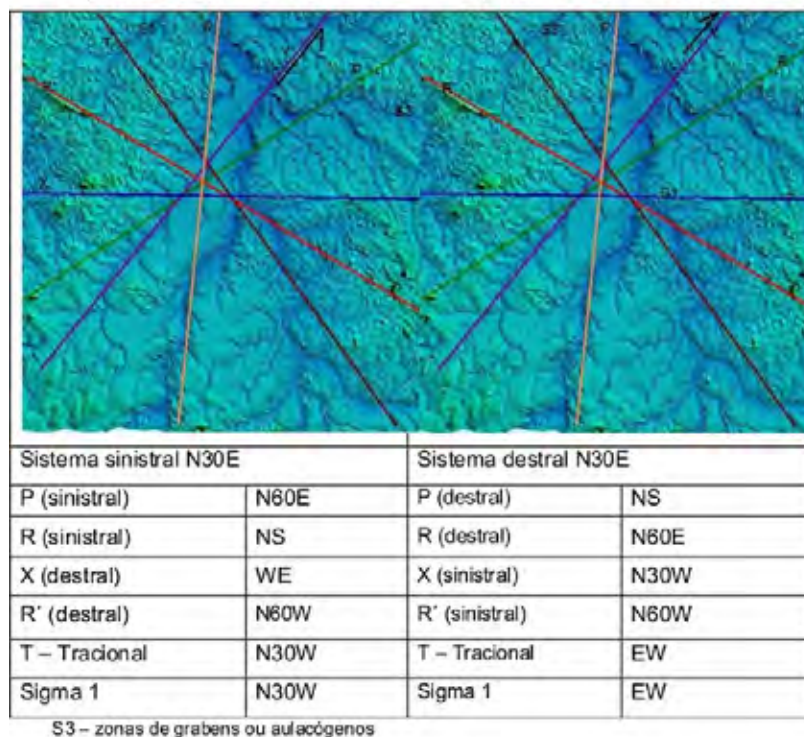


Figura 5.39 – a) Sistema Sinistral N30E e b) Sistema Destral N30E

Verificou-se pelos sistemas analisados, que ocorre uma repetitividade na orientação do eixo do sigma 1, representando uma sobreposição de zonas de cisalhamento (Quadro 5.5).

Sistema sinistral	Sigma 1	Sistema destal	Sigma 1
NS	N50-60W	NS-N10E	N60-70E
EW (N80E)	N30-20E	EW (N80E)	N30-40W
N50E	NS-N10W	N50E	N70W
N60W	N60E	N60W	NS
N30W	EW	N30W	30E
N30E	N30W	N30E	EW

Quadro 5.5 – Orientação dos eixos do sigma 1 nos sistemas transcorrentes

Dos sistemas conjugados acima representados, buscou-se definir o que hipoteticamente melhor se ajusta a área de estudo na formação dos diedros de rompimento da intersecção dos lineamentos

O estudo da direção da compressão (sigma 1) leva a definição dos altos estruturais, se estes se encontram alinhados são interpretados como zona de fraqueza da área e que por consequência, são áreas onde os pacotes sedimentares são mais profundos, fraturados e colapsíveis.

Conforme ressaltado anteriormente, a deformação de corpos rochosos ocorre em função da orientação de eixos de tensão, denominados de  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  e  $\sigma_3$  (sigmas 1, 2 e 3), sendo  $\sigma_1$  considerado tensor compressivo, o  $\sigma_3$  atua como distensivo e o  $\sigma_2$  pode atuar como compressivo e distensivo. Entre o tensor compressivo e o distensivo forma um ângulo de até 60° que constituem as zonas de intenso cisalhamento

Os principais sistemas conjugados foram representados e uma vez definidos os que hipoteticamente melhor se ajustaram para a área, foi elaborado o mapa de máxima compressão do  $\sigma_1$ , pelo cruzamento entre as fraturas R e R' que possibilitam identificar altos e baixos estruturais que surgiram a partir destes sistemas de cisalhamento.

Considerando que na literatura (SOEIRO et al., 1977; SCANDOLARA, 1999; VENEZIANI et al. 2004) os sistemas EW destal e NS sinistral são

consagradamente aceitos para a região, os altos estruturais que surgem dos binários R R' destes dois sistemas foram testados nesta investigação.

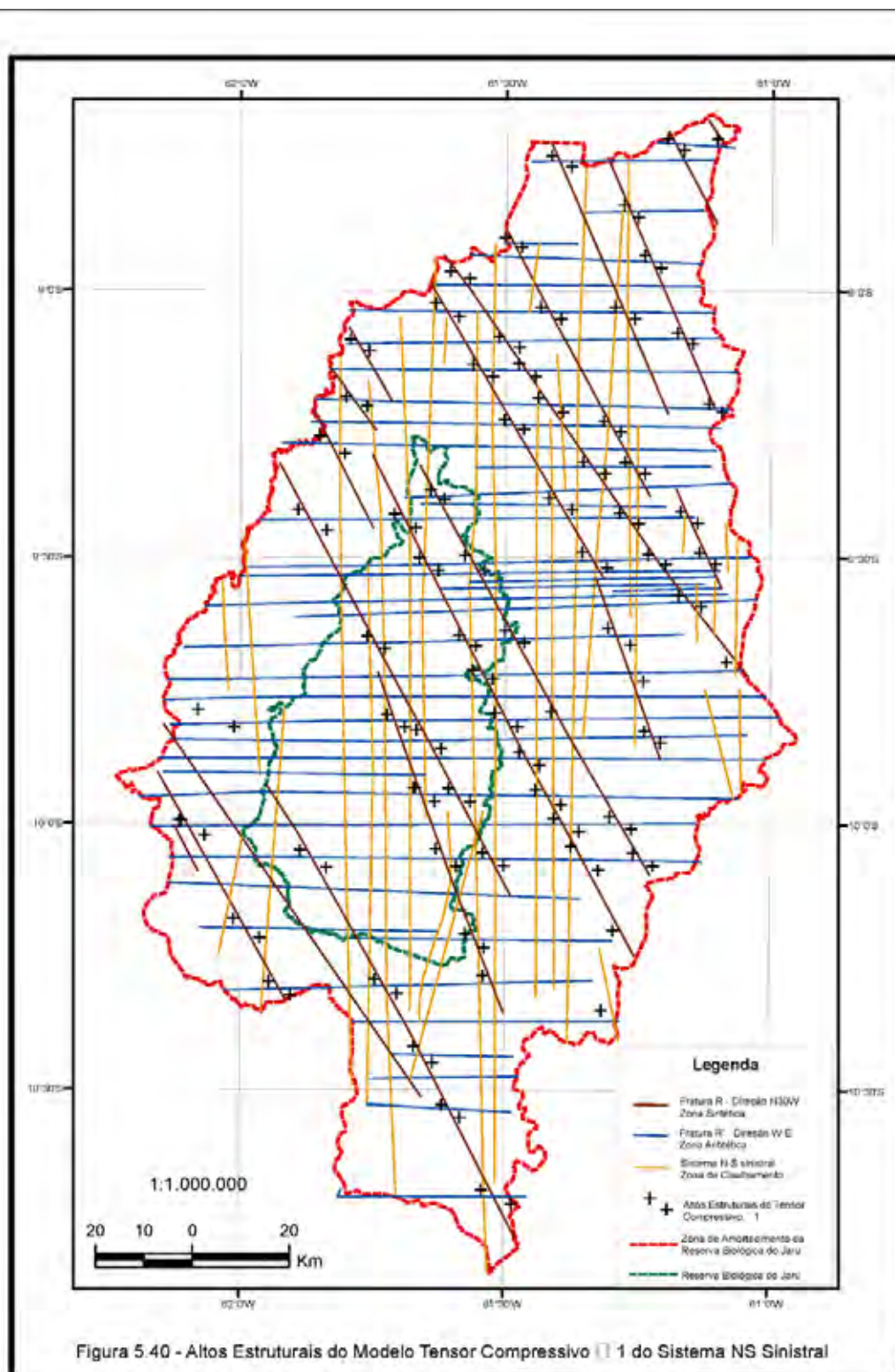
No caso da área de estudo elegeu-se a direção NS sinistral como zona principal de cisalhamento e onde a direção N30W se apresenta como R (zona sintética) e a direção E-W como R' (Zona antitética) (zona de maior fraqueza da deformação dútil) e o  $\sigma_1$  na direções N50-60W como T (Tracional) (representados com a letra x, na figura 5.40).

Esse sistema foi escolhido por ter se apresentado como o que ficou mais perfeito para a área e que também apresenta-se como o mais evidente, pela área estar delimitada entre falhamentos de grande magnitude no sentido NS, como o lineamento da Providência e Roosevelt .

A partir desse sistema, elaborou-se o mapa de máxima compressão do  $\sigma_1$  pelo cruzamento entre as fraturas R e R', que possibilitam identificar altos e baixos estruturais que surgiram a partir destes sistemas de cisalhamento.

Os resultados foram associados ao mapa resultantes da análise morfoestrutural e integrados no mapa de Zoneamento Geoambiental (Figura 6.3).

Figura 5.40 - Altos estruturais localizados no eixo de máxima compressão do sigma 1 do sistema NS sinistral



### 5.3.2.5 – Densidade de frequência de lineamentos estruturais

Também, a partir do mapa dos lineamentos estruturais obteve-se isovalores de densidade de frequência de lineamentos (figura 5.41). A distribuição espacial dos isovalores de maior densidade de lineamentos estruturais permite visualizar e individualizar as regiões mais tectonizadas e conseqüentemente mais suscetíveis a alteração e processos erosivos.

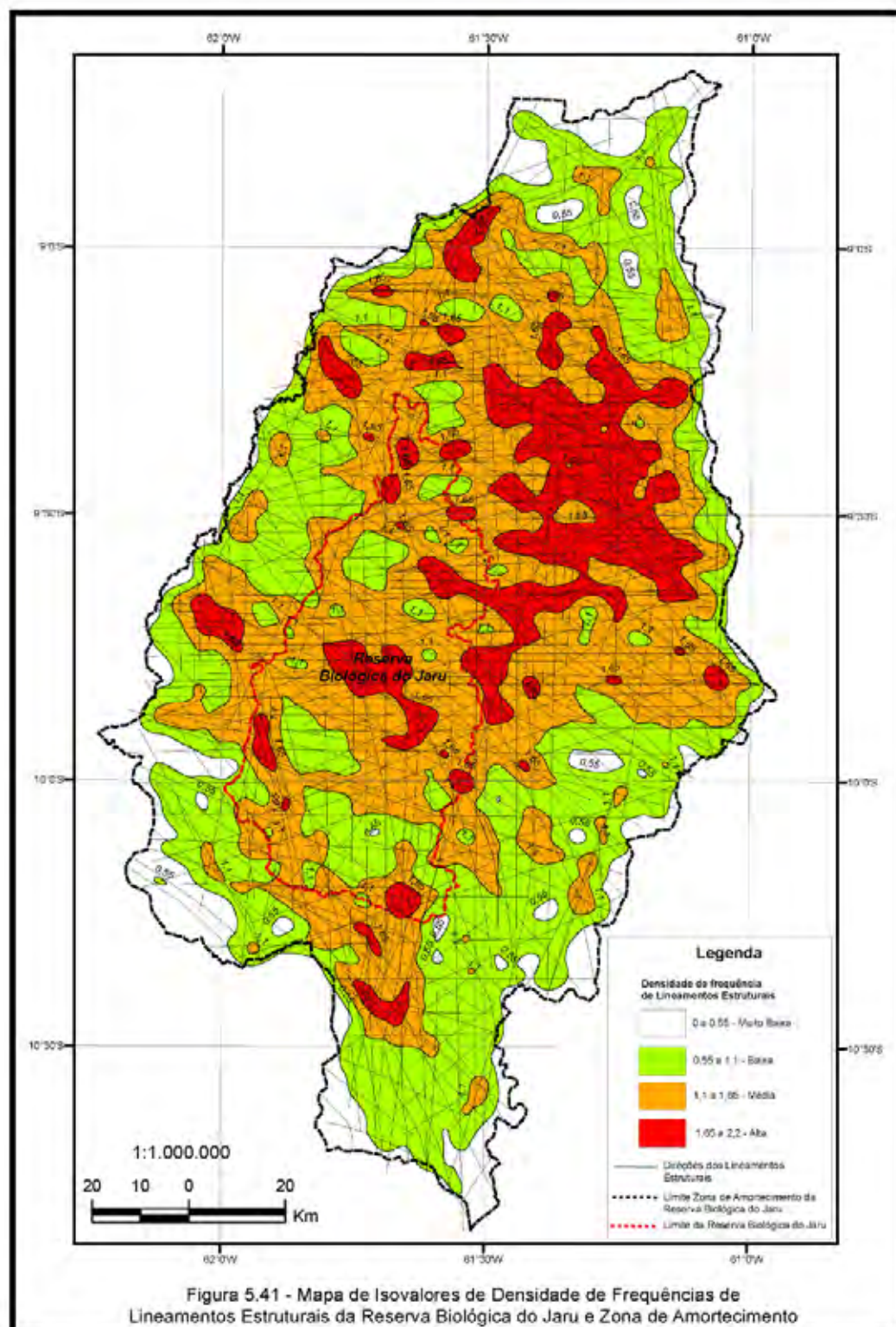
O mapa de densidade de isovalores foi elaborado no estimador de densidade kernel do ArcGis , com análise areal de 5 km de raio e células de saída de 500m onde foram estabelecidas as seguintes classes densidade de frequência de lineamentos estruturais:

- **0 a 0,55 m/km<sup>2</sup>- Muito Baixa** densidade de frequência de lineamentos estruturais;
- **0,55 a 1,1 m/km<sup>2</sup>- Baixa** densidade de frequência de lineamentos estruturais;
- **1,1 a 1,65 m/km<sup>2</sup>- Média** densidade de frequência de lineamentos estruturais;
- **1,65 a 2,2 m/km<sup>2</sup>- Alta** densidade de frequência de lineamentos estruturais;

As curvas de isovalores de maior densidade de lineamentos estruturais permitem inferir sobre a localização de áreas de recarga e circulação de água, de instabilidade do maciço rochoso e de uma forte anisotropia, desfavoráveis a obras lineares ou elevada sobrecarga, como é o caso de reservatórios de usinas hidrelétricas.

A partir do mapa de isovalores de densidade de frequência de lineamentos estruturais foram determinados eixos de orientação das curvas de maiores isovalores e que representam a direção da fraqueza crustal dos lineamentos estruturais. Estes eixos estão orientados nas direções: N40W, N20E, N30E, N80W e se repetem em intervalos regulares formando direções dos diedros de rompimento da intersecção dos lineamentos.

Figura 5.41 – Mapa de Isovalores de Densidade de Lineamentos Estruturais





As zonas com maior densidade de cruzamentos de lineamentos ocorrem na área, na bacia do rio Ji-paraná: na bacia do Igarapé Lourdes (sul), no centro da sub-bacia do rio Tarumã (entre os Igarapés do Atoleiro e Manduquinha); no rio Machadinho, na serra da Prata (igarapés da Prata/Tararé e no igarapé Preto). Na bacia do Rio Madeirinha: na sub-bacia do São Félix; Na região da serra do Repartimento (nascentes do igarapé Seis Contos; na confluência do rio das Rosas; nas sub-bacias do Igarapé Água Azul, do Igarapé São Francisco e do Igarapé Sucuri.

São estas as áreas dentro da Zona de Amortecimento da Reserva Biológica do Jarú, que se constituem em zonas de recarga do aquífero e circulação de água, de instabilidade do maciço rochoso e forte anisotropia, desfavoráveis a obras lineares de engenharia ou de sobrecarga como é o caso de usinas hidrelétricas.

Algumas considerações acerca das direções dos lineamentos da Zona de Amortecimento e que foram evidenciadas e repetitivas tanto nas estruturas dúcteis quanto nas rúpteis: o mapa de lineamentos mostra que estes ocorrem de forma discreta, indistintamente, em todas as unidades litológicas da área; os resultados são evidenciados pela verificação em campo da presença de rochas catacladas e milonitizadas em toda a área, que se distribuem em faixas estreitas, lineares, orientadas segundo o fraturamento, exibindo fragmentos de litologias variadas.

Pela análise da rede de drenagem constatou-se que estes lineamentos N30E e N50-60W são deslocados por lineamentos NS (N15E) e EW (N85E e N85W).

Os resultados obtidos referentes às direções principais dos lineamentos estruturais corroboram com Soeiro et al., (1977). Estes autores, destacam 3 conjuntos de falhas bem definidas para a região da Serra da Providência:

- 1) A direção NW-SE, representa o resultado de componentes de esforços inflectidos para S e oriundos de esforços principais atuantes de EW;
- 2) O conjunto NE-SW, evidenciado especialmente na faixa granítica oriental, e que pode apresentar rejeito deslocando unidades do conjunto NW-SE.

Esses dois sistemas de fraturamentos exercem forte influência sobre a rede de drenagem, fato observado na direção dos eixos dos máximos de direção de juntas.

3) As estruturas de NS se constituem no terceiro conjunto, mais moderno, e que pode ser dissociados dos primeiros. De acordo com os autores, os esforços estão orientados de EW, resultando em alguns dobramentos falhados originando camadas verticalizadas e falhamentos inversos de pequeno rejeito, pouco profundos e de mergulho reduzido. Tais dobramentos falhados estão bem evidenciados no mapa de contorno morfoestrutural da área.

Para os autores citados, o fato dos conjuntos NW-SE e NE-SW exercerem controle sobre a drenagem nas rochas do complexo basal e nas rochas vulcânicas demonstra que os esforços que ocasionaram o aparecimento desses dois conjuntos se constituem em fenômenos repetitivos, e praticamente sem variação de sentido. Ressaltam que a melhor indicação de que os esforços não se modificaram através dos tempos está registrado nos metassedimentos do grupo Beneficente (Complexo Roosevelt), onde as estruturas se orientam no sentido NS, em resposta àqueles esforços e se manifestam bem visíveis em áreas mais arrasadas, como no caso da falha transcorrente do Igarapé Lourdes e Providência.

O trend EW é evidenciado na literatura, e presente na Suíte Intrusiva São Romão e no Complexo Jamari e foi constatado em campo em rochas nos leitos rochosos dos rios Ji-paraná e Madeirinha.

As falhas de natureza rúptil de sentido EW e que afetaram os granitos do Complexo Basal foram responsáveis pela formação de grabens onde se depositaram sedimentos flúvio-lacustre do então Grupo Beneficente (Complexo Roosevelt), e fluvial da Formação Prosperança (Grupo Palmeiral). Os lineamentos estruturais de direção NS estariam correlacionados às deformações da cobertura sedimentar por consequência de esforços compressivos de direção EW por ocasião do evento Madeirense datado e 1.200 Ma. (SOEIRO et al., 1977).

Os mais expressivos falhamentos da área, as falhas da Providência, representam falhas normais responsáveis pela formação de antigos grabens e que sofreram transposição por efeito de esforços compressivos. Os grabens da Serra da Providência (Complexo Roosevelt) foram controlados por antigas falhas

e fraturas dos conjuntos NW-SE e NE-SW, que foram reativadas durante a fase Beneficente. A fase que se seguiu a deposição do grupo Beneficente, relacionada a esforços provenientes de W deu-lhe uma estruturação orientada NS.

De acordo com a CPRM (2004) A Formação Palmeiral possui padrão de movimentação dos materiais sistematicamente de NNE para SSW e fraturamento no sentido W-E. Os lineamentos mais repetitivos na Formação Palmeiral e na Suíte intrusiva Serra da Providência tem direção N10E, N40E, N60E, N70E, N20W, N30W, N40W e N60W. Estas direções estão muito bem representadas nos sistemas conjugados NS sinistral e dextral testados para a área de estudo.

A zona de cisalhamento de natureza dúctil, (Machadinho) aparece constituída por falhas de cavalgamento na direção NNW-SSE e secundariamente NW-SE, resultando na milotinizacão das rochas graníticas.

## 5.4 - ANÁLISE FISIAGRÁFICA

A análise fisiográfica foi realizada pela compartimentação da área em unidades distintas, aqui denominadas de Unidades Básicas de Compartimentação – UBC's (VEDOVELLO, 2000), e dessas em Unidades Geoambientais - UGA's utilizando interpretação textural da Imagem SRTM.

### 5.4.1 – UNIDADES BÁSICAS DE COMPARTIMENTAÇÃO

As Unidades Básicas de Compartimentação (UBC's) são zonas de repartição dos elementos texturais de relevo, onde estes se repetem e possuem a mesma estrutura, ou seja, os elementos de relevo possuem caráter homólogo.

Nesta fase foram analisadas todas as informações temáticas disponíveis obtidas no diagnóstico zero da área. Como todo Zoneamento deve estar adequado a legislação existente, foram levadas em conta as Áreas de Preservação Permanente – APPs estabelecidas pelo Código Florestal Brasileiro (LEI 4771/65).

As Áreas de Preservação Permanente – APPs - foram isoladas, tais como, as margens de rios principais (considerando suas áreas de planícies alagáveis no período das chuvas) e vertentes com declividade superior a 30 graus. No restante da área procedeu-se a delimitação das UBC's utilizando-se da metodologia interpretativa proposta por Soares, Fiori e Mattos (1978).

O procedimento metodológico constituiu-se de duas fases distintas: a fotoanálise e a fotointerpretação. A fase de foto análise corresponde pela análise, na imagem, das diversas formas de arranjo de relevo e drenagem e identificação de unidades texturais para definição das diferentes Unidades Básicas de Compartimentação (UBC's).

A imagem SRTM utilizada por ressaltar a rugosidade do terreno, facilitou a delimitação das UBC's. A superposição de dados (mapas geomorfológicos, pedológicos, geológicos, de bacias hidrográficas, e o mapa de declividade) à imagem auxiliou na definição do contorno das UBC's.

As áreas foram delimitadas com o auxílio da extensão *digitizer tool*, (opção *create new área*) do Global Mapper. A escala de trabalho foi de 1:100.000. As áreas criadas foram classificadas no *feature type* com adição de atributos e edição.

Para delimitar as UBC's a partir dos elementos texturais, estabeleceu-se classes com níveis distintos de densidade de texturas, agrupadas em: densidade textural muito alta, alta, moderada e baixa, visualizadas na imagem.

Para facilitar a identificação das UBC's, e posteriormente caracterizar suas propriedades, foi criado quadro associativo entre as classes de textura (de imagem) obtidas pela análise fotogeológica para cada grupo/contato litológico presente na área ( Figura 5.42)

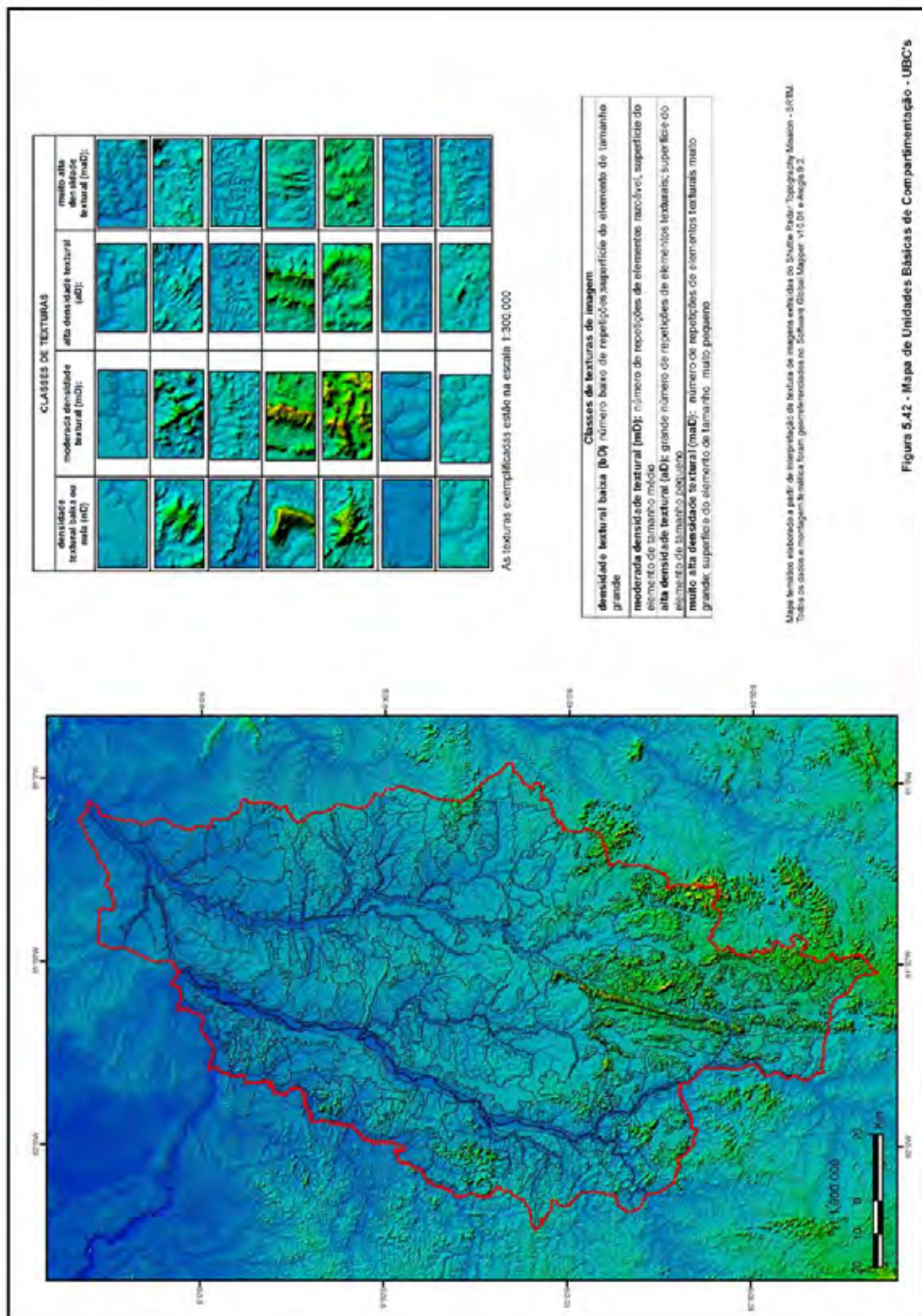
Como metodologia e para facilitar a interpretação, os atributos das propriedades geomorfológicas analisadas foram associadas às diferentes classes texturais (densidade textural baixa - bD, moderada densidade textural – mD, alta densidade textural – aD e muito alta densidade textural – maD), conforme exemplificada na figura 5.42

As letras correspondem as características das propriedades geomorfológicas analisadas, conforme se apresentam nos quadros 5.4 a 5.9.

Como a classificação possui caráter qualitativo, esse quadro serve apenas como guia, uma vez que cada UBC possui características próprias, e que as individualizam.

Após a delimitação de todas UBC's e registrados os atributos, estas foram exportadas (*export vector data* na janela *File*) no formato *shapefile*. O mapa foi finalizado no programa Arc View 3.2 (ESRI) e 9.0 (ESRI, 2006),

Figura 5.42 – Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação – UBC's



#### 5.4.2 - UNIDADES GEOAMBIENTAIS DA ZA

Na fase de fotointerpretação, as UBC's foram caracterizadas quanto as suas propriedades geomorfológicas, em relação as características de permeabilidade, ruptibilidade x plasticidade, tropia e assimetria de relevo. Nos planos de informação (PI) de cada UBC consta o número de identificação da unidade, as características das propriedades geomorfológicas analisadas (quadro 5.10).

As propriedades para caracterização do meio físico escolhidas para definirem a suscetibilidade natural foram a permeabilidade, a alterabilidade (resistência a erosão), a plasticidade/ruptibilidade, a assimetria e a tropia. Essas propriedades conhecidas como propriedades geomorfológicas são definidas e diferenciadas segundo atributos, que denotam maior ou menor suscetibilidade natural a erosão:

**Permeabilidade:** é a propriedade dos materiais de apresentarem maior ou menor facilidade de percolação do fluido no meio poroso e a conseqüente perda de resistência destes. A colapsividade de materiais se dá pela entrada de água no sistema. Em materiais sedimentares, a permeabilidade está relacionada com a comunicabilidade dos poros das rochas, ou porosidade primária. Em materiais metamórficos e ígneos, a permeabilidade é chamada secundária e ocorre pela existência de fraturas. Por exemplo, arenitos, calcários e basaltos são permeáveis devido ao diaclasamento; granitos e gnaisses são impermeáveis quando não fraturados.

Na imagem, entre as características analisadas relacionadas à permeabilidade estão a declividade, a densidade de drenagem e a presença/ausência de juntas, pelo espaçamento entre os elementos texturais.

<b>Características de análise da Permeabilidade</b>
<p><b>muito permeável (mP):</b> característica de área plana com muita facilidade para penetração de água, propiciando uma grande perda na resistência da rocha. A densidade de drenagem é muito baixa a nula; O espaçamento entre os elementos texturais na imagem é muito alto, textura lisa.</p>
<p><b>permeável (P):</b> característica de área com declividade baixa propiciando facilidade para penetração de água e conseqüente perda de resistência. Baixa densidade de drenagem. O espaçamento dos elementos texturais na imagem é alto;</p>
<p><b>pouco permeável (pP):</b> característica de área com uma média declividade que atua</p>

como restritiva a penetração de água, tendo baixa atuação na perda de resistência da rocha. Densidade de drenagem média. O espaçamento dos elementos texturais na imagem, neste caso, é moderado;

**não permeável (nP):** característica de área com alta declividade, o que interfere na penetração de água, não tendo esta contribuição efetiva na perda de resistência da rocha. Densidade de drenagem alta. O espaçamento dos elementos texturais na imagem, neste caso, é baixo.

*Quadro 5.4 – Características da permeabilidade*

**Alterabilidade (resistência a erosão):** é a propriedade que permite definir o grau de resistência do maciço às alterações químicas e físicas em função de processos endógenos (estruturais) e exógenos (climáticos). A alterabilidade está relacionada à velocidade de intemperismo das rochas e de remoção de materiais, e define as formas das encostas, que podem ser côncavas, convexas, côncavo-convexa e côncava/retilíneo/convexa.

**Características de análise da alterabilidade (resistência à erosão)**

**muito resistente (mR):** forma de encosta côncava alongada, caracterizando velocidade de intemperismo baixa. Na imagem, o tamanho do espaçamento dos elementos texturais é baixa;

**resistente (R):** forma de encosta côncava, características da velocidade de intemperismo menor do que a velocidade de remoção. Na imagem, o tamanho do espaçamento dos elementos texturais é média;

**pouco resistente (pR):** forma de encosta côncava – convexa, características de uma velocidade de intemperismo igual a da velocidade de remoção. Na imagem, o tamanho do espaçamento dos elementos texturais é alto;

**não resistente (nR):** forma de encosta convexa, características de uma velocidade de intemperismo maior do que a velocidade de remoção. Esses materiais formam espesso manto de alteração intempélica e grande volume de material disponível à erosão. Na imagem, o tamanho do espaçamento dos elementos texturais é muito alta.

*Quadro 5.6 – Características da alterabilidade*

**Ruptibilidade:** está relacionada à fratura das rochas. Os níveis de fraturamentos facilitam a penetração de água e influenciam na perda de resistência da rocha. O inverso seria a ductibilidade, que é a capacidade que o material tem de se deformar sem ruptura em função da plasticidade, o que, conseqüentemente, dificulta a passagem da água e a conseqüente perda de resistência.



<b>Características de análise da ruptibilidade</b>
<p><b>muito fraturada (mF):</b> apresenta número de traços de fraturas/juntas &gt; 50% ;</p> <p><b>fraturada (F):</b> apresenta entre 10 à 50% de traços de fraturas/juntas;</p> <p><b>pouco fraturada (pF):</b> apresenta traços de fratura/junta &lt; 10%;</p> <p><b>não fraturada (nF):</b> ausência de traços de fraturas/juntas.</p>

*Quadro 5.7 – Características da ruptibilidade*

**Tropia:** é a característica da orientação das formas relevo e de drenagem se desenvolverem segundo uma direção preferencial (unidirecional, bi, tri ou isotrópica). Materiais ígneos são isotrópicos por natureza; materiais metamórficos são anisotrópicos devido à foliação ou à xistosidade ou à gnaissificação e apresentam cristas alongadas e drenagem alinhada. O intenso fraturamento dos materiais resulta em forte anisotropia. Na imagem depende de quantas direções se desenvolve o relevo e rede de drenagem associada.

<b>Características de análise da tropia</b>
<p><b>muito orientada (mO):</b> apresenta apenas uma orientação espacial das formas de relevo e drenagem. Topos de relevo extensos alinhados.</p> <p><b>orientada (O):</b> apresenta apenas duas orientações espaciais das formas de relevo e drenagem. Topos de relevo alinhados e curtos;</p> <p><b>pouco orientada (pO):</b> apresenta três orientações espaciais das formas de relevo e drenagem. Não apresenta topos de relevo alinhados;</p> <p><b>não orientada (nO):</b> sem orientação preferencial nas formas de relevo e drenagem dendrítica. Propriedade isotrópica.</p>

*Quadro 5.8 – Características da tropia*

**Assimetria de Relevo:** é a propriedade que permite caracterizar a posição espacial dos corpos geológicos desde a posição horizontal até a vertical, passando por todas as posições intermediárias. A classificação se dá pelo contraste entre as duas faces de um elemento textural (relevo) e intensidade do mergulho das camadas (horizontal/vertical).

<b>Características de análise da assimetria de relevo</b>
<b>fortemente assimétrico (fA):</b> apresenta camadas horizontais a sub-horizontais, com mergulhos < 10 graus; Apresenta uma face plana e outra vertical.
<b>assimétrico (A):</b> apresenta contraste entre as faces, e camadas pouco inclinadas com mergulho entre 10 e 30 graus.
<b>moderadamente assimétrico (mA):</b> apresenta diferença entre as duas faces de relevo. (Camadas inclinadas e mergulhos entre 30 e 60 graus);
<b>simétrico (S):</b> apresenta como característica uma perfeita semelhança entre as duas faces de relevo. Camadas muito inclinadas e sub-verticais com mergulhos maior que 60 graus.

*Quadro 5.9 – Características da assimetria de relevo*

#### 5.4.3 MAPEAMENTO DE UNIDADES GEOAMBIENTAIS (UGA'S)

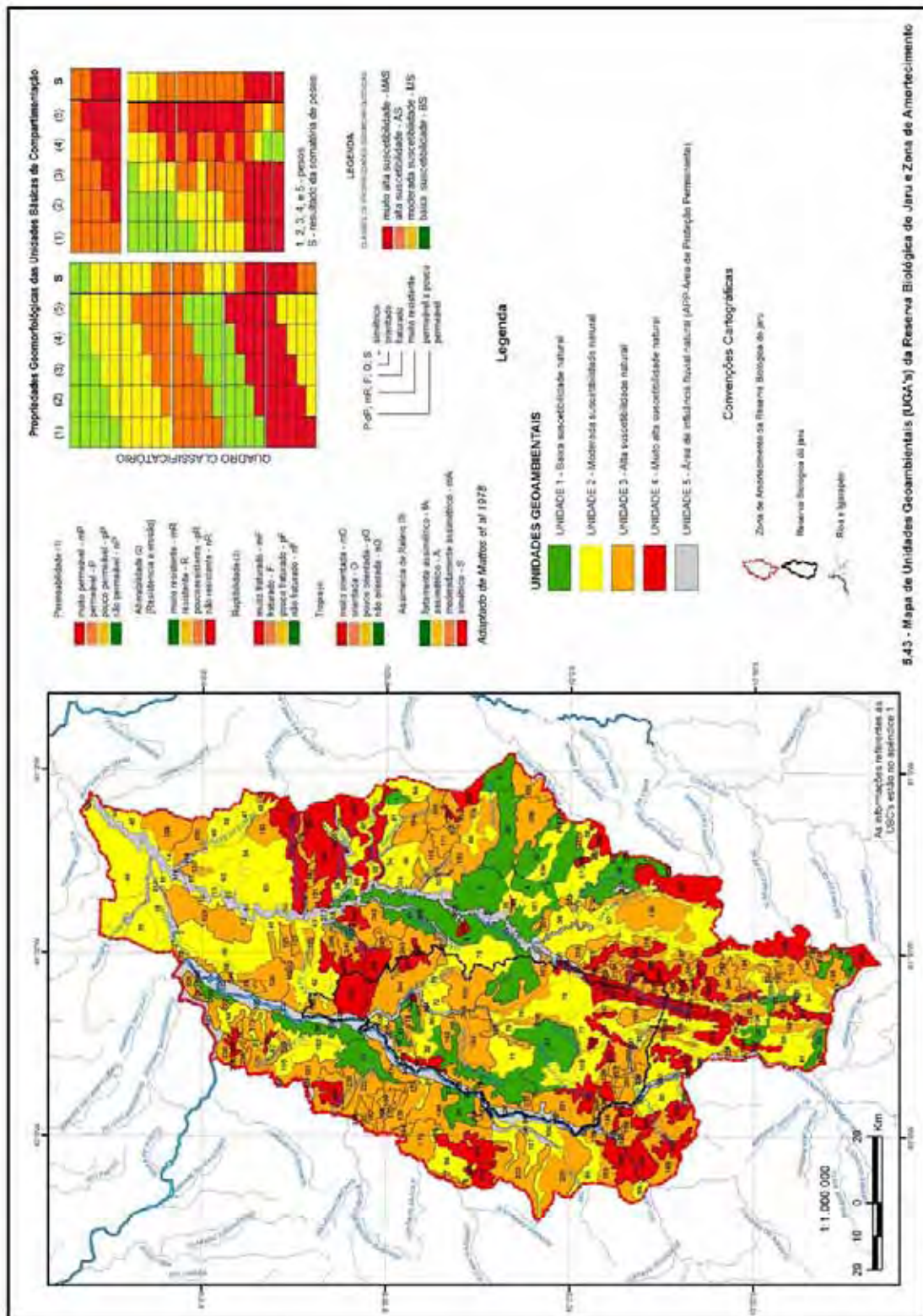
O Mapa de Unidades Geoambientais (UGA's) agrupa as Unidade Básicas de Compartimentação (UBC's) que apresentam comportamento semelhantes ou equivalentes em relação as propriedades geomorfológicas analisadas. A equivalência é estabelecida para reduzir o número de unidades. Para tal, os atributos das propriedades geomorfológicas receberam pesos em forma de cores conforme quadro classificatório demonstrado no mapa (figura 5.43)

As cores indicam o grau de suscetibilidade de cada atributo das propriedades geomorfológicas à erosão. Estas cores foram utilizadas para a classificação das Zonas Geoambientais e definição das classes de suscetibilidade.

Para a cor verde foi atribuída maior resistência dos atributos das propriedades elencadas, portanto, possui baixa suscetibilidade natural á erosão; à cor vermelha atribuiu-se menor resistência, ou seja, muito alta suscetibilidade natural à erosão; a cor amarela e cor laranja são intermediárias e seus atributos recebem, respectivamente, moderada e alta suscetibilidade natural á erosão.

Na classificação final, a somatória das cores dos atributos (pelo quadro classificatório) também recebe uma cor: quanto mais próxima da cor vermelha, maior suscetibilidade natural a erosão e, portanto maior vulnerabilidade da unidade à intervenção antrópica. Destaca-se que a presença de atributos com cor vermelha sempre se constitui em agravante para a classificação da unidade.

Figura 5.43 – Mapa de Unidades Geoambientais (UGA's)





#### 5.4.4 – DESCRIÇÃO DAS UNIDADES GEOAMBIENTAIS

No mapa das Unidades Geoambientais, as UBC's foram agrupadas em 5 unidades: quatro pela equivalência entre as propriedades geomorfológicas das UBC's e a quinta classe está relacionada às unidades protegidas pela legislação, conforme código Florestal Lei 4771/65, modificado e acrescentado pela Lei nº 7.803/89.

Nas unidades Geoambientais estão definidas as características das áreas e as recomendações para uso e ocupação. Este agrupamento classificatório foi levado em consideração para a definição de zonas, representadas no mapa do Zoneamento Geoambiental.

**Unidade 1** (cor verde no mapa) - as unidades consideradas de baixa suscetibilidade a erosão se apresentam com textura de imagem baixa a nula.

Essas unidades estão localizadas em áreas planas, com baixa declividade (não orientada e fortemente assimétrica), sem fraturamento aparente. São áreas onde os solos são mais desenvolvidos e profundos, e a topografia plana ajuda na infiltração das águas pluviais.

Esta Unidade Geoambiental agrupa unidades geomorfológicas inseridas na Superfície de aplanamento de Nível III, com dissecação alta e nenhum ou esporádicos inselbergs e tors (D 23). Corresponde a superfície aplanada sendo atualmente esculpida por processos de dissecação fluvial com altitudes entre as cotas topográficas de 100 e 200 m, correspondendo a colinas baixas a pequenas. O aspecto extremamente arrasado desta superfície de aplanamento é indicativo da quase inexistência de inselbergs. As declividades variam conforme a posição topomorfológica: nos topos os valores são inferiores a 2% e nas vertentes ocorrem valores de 2 a 5%.

Os vales são amplos, com perfil de fundo plano, canais lineares e pequena ocorrência de planícies de inundação locais. Esta área apresenta média densidade de drenagem.

A estrutura superficial da paisagem mostra a associação entre o relevo aplanado atualmente em processos de dissecação com a ocorrência de materiais

superficiais autóctones, com predominância de composições do manto de intemperismo areno-argilosas dando origem a Latossolo Amarelo, e Argissolo Vermelho-Amarelo.

O embasamento dessa unidade é composto por rochas graníticas/gnáissicas, sendo recoberto regionalmente por Coberturas Quaternárias-Neogênicas (indiferenciadas). Ao norte, ocorrem em rochas sedimentares da Formação Palmeiral.



Figura 5,44 a – Características da paisagem na Unidade 1- baixa suscetibilidade natural e; b - erosão linear em Argissolos

Fotos: Eloiza, 2006

Apesar de estas áreas serem planas, verifica-se a instalação de sulcos e ravinas nas estradas. Na análise textural da imagem, percebe-se que os pacotes sedimentares camuflam a presença dos trends de fraturamentos, nessa unidade.

Considera-se que nessas unidades os processos erosivos podem ser controlados com técnicas de manejo apropriadas nas áreas onde a declividade seja mais acentuada. Portanto são áreas favoráveis a múltiplos usos com baixas restrições para obras em geral.

**Unidade 2** (cor amarela no mapa) - as unidades consideradas com moderada suscetibilidade ambiental se apresentam na textura da imagem com rugosidade moderada. Essas unidades se localizam em terrenos resistentes, pouco fraturados e com declividades entre 3 e 8%, encostas assimétricas com relevo e drenagem pouco orientados. A permeabilidade é baixa. Em áreas com

rochas sedimentares areníticas muito permeáveis, (no caso da Formação Palmeiral ao norte da ZA) o baixo grau de fraturamento equilibra a permeabilidade natural, conferindo aos materiais a característica de resistente a pouco resistente.

Esta Unidade Geoambiental agrupa unidades geomorfológicas inseridas nas superfícies de aplanamento classificadas como nível II (D22) com dissecação média à baixa, e esporádicos *inselbergs* e *tors*.

O relevo se caracteriza por colinas amplas com topos convexos ou tabulares e vertentes convexas ou retilíneas. As declividades variam entre 2 a 5% e as altitudes não ultrapassam os 200 metros.

Os solos, oriundos das rochas do embasamento (Complexo Jamari e Suíte intrusiva São Romão) são os Latossolos Vermelho-Amarelo, Latossolos Amarelo predominantemente, Argissolos Vermelho Amarelo e solos concrecionários



Figura 5.55 a e b - Características da paisagem na Unidade 2

a- Superfícies de aplanamento com corte raso no Vale do Anari (RO); b -

Construção de estradas para escoamento de madeira na área do rio Madeirinha (MT)

Fotos: Autora, abril /2006

Ao norte, a unidade geomorfológica relacionada à Formação Palmeiral apresenta as características de um aplanamento ocorrido em ambiente árido ou semi-árido, pois além de uma superfície sub-horizontalizada encontram-se vestígios de formações superficiais (linhas de pedra) e depósitos conglomeráticos de ambiente torrencial, características próprias de regime de climas mais severos.

A rede de drenagem possui densidade baixa associada, principalmente, à ocorrência de coberturas sedimentares muito permeáveis.

O embasamento se encontra exposto, resultando em superfícies com lagedos e inselbergs. Os solos resultantes dessa formação são os Argissolos Vermelho-Amarelos, Neossolos Quartzarênicos, Neossolos Plínticos e nas áreas de escoamento impedidos, os Planossolos e os Organossolos, todos muito suscetíveis a erosão, mesmo em baixas declividades.

Setores com maior declividade dentro dessa unidade 2 demandam cuidados especiais, principalmente para o uso para a agricultura mecanizada e construção de estradas e obras lineares.

Pelas características apresentadas, essa unidade se mostra pouco favorável para múltiplos usos requerendo cuidados de manejo para atividades agropecuárias e requer procedimentos técnicos específicos para uso, principalmente para implantação de obras lineares.

**Unidade 3** (cor laranja no mapa) – as unidades consideradas com alta suscetibilidade natural a erosão apresentam alta densidade textural na Imagem, traduzidas por apresentarem os atributos de materiais pouco resistentes, fraturados, permeáveis e vertentes orientadas e assimétricas, com reflexo na rede de drenagem.

Esta unidade Geoambiental agrupa unidades geomorfológicas inseridas nas superfícies de aplanamento classificadas como - agrupamento de morros e colinas convexas com vales abertos com inselbergs baixos e médios D31 e altos D32 com altitudes que variam de 200 a 250 metros. Este sistema apresenta-se como uma área de colinas e morros dissecados pela ação fluvial. Ocorrem dispersos em toda a área conformando um relevo muito dissecado, circundado por áreas aplanadas. O denominado D31 compreende grande adensamento de morros entremeados por vales abertos e conectados com a superfície de aplanamento circundante. O D32 compreende uma série de morros isolados, mas com grande distinção em relação aos mais baixos de entorno, alguns com 400m.

Predominam perfis de topos e vertentes convexas e vales encaixados. Localmente ocorrem vertentes côncavas associadas a vales pedimentados ou



mais largos. As declividades médias variam entre 10 e 20%, com exceção as áreas de topo, onde os valores encontram-se na casa de 1 a 2%.

Por apresentar um relevo bastante acidentado, onde as altitudes podem chegar a 300 m, a densidade de drenagem é alta. Associados à superfície de aplanamento ocorre grande quantidade de inselbergs e afloramentos rochosos nos topos das colinas com campos de matacões em posição interfluvial.

O embasamento litológico é composto predominantemente por rochas do Embasamento e intrusões associadas aos granitóides da Suíte Intrusiva Serra da Providência e metavulcanossedimentares do Grupo Roosevelt.

Os solos são predominantemente argilo-arenosos, na área da Suíte Intrusiva, do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo, Podzólico Vermelho-Amarelo em associação com litólicos, enquanto na área de rochas metavulcanos-sedimentares do Grupo Roosevelt, ocorrem Latossolos Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo e Argissolo Vermelho Escuro, Cambissolos e manchas de Nitossolo (Terra Roxa).



Figura 5.56 a e b - Características da paisagem na Unidade 3

a e b – Morros e colinas no entorno da Serra da Providência (Grupo Roosevelt)

Fotos Eloiza, 2006

Ao norte, esta unidade relacionada à Formação Palmeiral apresenta vertentes com inclinação até 15% e drenagem muito orientada. O material de superfície é muito friável, e o solo arenoso entre lagedos expostos.

De acordo com RADAMBRASIL (1978), o fato de o embasamento estar exposto revela que os agentes erosivos atuaram fortemente na morfogênese em um período mais seco, resultando na superfície e seus residuais (*inselbergs*). A densidade de drenagem é baixa, associada principalmente à ocorrência de coberturas sedimentares.



Figura 5.57 a e b - Características da paisagem na Unidade 3: morros com controle estrutural e solos erosivos (Formação Palmeiral)

Fotos: Aline/2008

Nestas unidades verifica-se a ocorrência de formação de sulcos pelo escoamento laminar em meio à floresta. Coluvionamento nos campos de matacões e *inselbergs* e na base das encostas. Pela declividade do relevo e de suas características físicas, são muito suscetíveis à erosão se desprovidas da sua cobertura vegetal. Quando utilizadas para atividades agropecuárias, estas áreas desenvolvem erosões lineares profundas (ravinas e voçorocas) nas encostas, principalmente àquelas que se apresentam com declividade maior que 15%. Processos erosivos em sulcos, ravinas e voçorocas associados às estradas.

Pelas características apresentadas essa unidade se mostra com restrições para múltiplos usos, requerendo cuidados de manejo para atividades agropecuárias e estudos com ensaios geotécnicos estruturais para obras lineares e enterradas.

A potencialidade de uso mais adequada para estas áreas é o manejo florestal.

**Unidade 4** - unidades de muito alta suscetibilidade natural (de cor vermelha no mapa): estas áreas apresentaram no mínimo 3 atributos (60%) de muito alta suscetibilidade à erosão relacionadas as propriedades geomorfológicas elencadas para caracterização do meio físico.

Na imagem apresentam textura grosseira com elementos de tamanho grande, indicando resistência dos materiais constituintes. De modo geral, estas áreas, apesar de se apresentarem resistentes, ocorrem com formas de vertentes simétricas a moderadamente assimétrica, muito fraturadas, com drenagem e/ou relevos orientados. A permeabilidade é baixa, ocorrendo mais em função do fraturamento, que contribui para a alteração do maciço. A drenagem varia de moderadamente à bem drenada.

Fazem parte desta unidade as áreas mais elevadas da região, associadas a faixa de dobramentos, com grande amplitude e correspondendo, na compartimentação geomorfológica, às Unidades estruturais/denudacionais - S, (do tipo *cuesta* e *hogback* - S4- da Serra da Providência, com dissecação baixa e dissecação média a alta nas áreas de maior altitude, com presença de *Footslopes*; as Serra do Moquém e do Setembrino, inseridas nos agrupamentos de morros e colinas com controle estrutural – S3; as serras do Repartimento, do Caneco, do São Francisco, serra da Prata, serra Verde, serra Grande e outras sem denominação presentes na localidade de Santa Maria e Resex Maracatiara estão inseridas nas formas circulares em estruturas plutônicas - S.2 cuja estrutura das rochas intrusivas modelam a morfologia refletindo-se no padrão de forma anelar e radial da rede de drenagem.

Também se encontram nesta unidade as UBC's presentes nas sub-bacias dos Igarapés do Veado e São Francisco, Moquém e São Félix, que pelo contato entre unidades geológicas (Formação Palmeiral e Granitos Jovens de Rondônia) apresentam atributos das propriedades interpretadas, como área com formas de relevo moderadamente assimétrico, não resistente, muito fraturada e elevada densidade de drenagem orientada em duas direções.

Os lajedos são comuns nas áreas das serras. Predominam campos de matacões nas áreas interfluviais. Os solos são rasos e pedregosos. Esses são classificados como Neossolos Regolíticos e Neossolos Litólicos associados à

Neossolos Quartzarênicos, normalmente distróficos. Na média e baixa encosta ocorrem os Cambissolos e Argissolos Vermelho Escuro e Vermelho Amarelo.

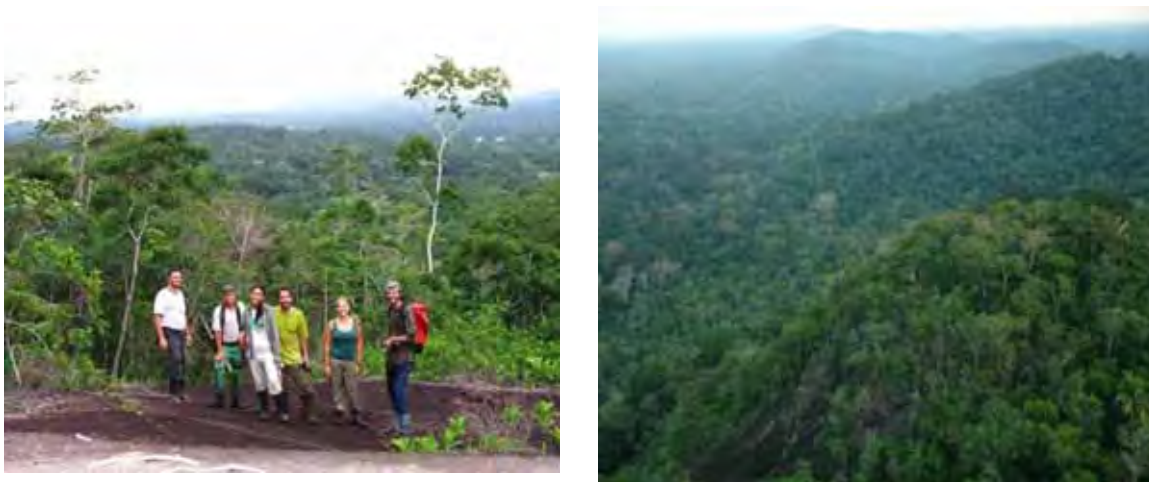


Figura 5.58 a e b – Características da paisagem na Unidade 4 - Áreas de declividade acentuada - Serra do Monte Cristo

Fotos: Luiz Martins, novembro 2006

Nas condições climáticas atuais, com a cobertura florestal mantida, essas áreas aparentam equilíbrio. Em função do grau de fraturamento presente na área, e caso haja quaisquer mudanças na cobertura vegetal, de ordem antrópica ou climática, serão essas as áreas mais atingidas pela erosão, em função da declividade associada às propriedades geomorfológicas e pedológicas da área.

Essas serras estão relacionadas as Suítes Intrusivas Serra da Providência, Granitos Jovens de Rondônia, Quatro Cachoeiras e Cacoal, todas com potencial mineral, principalmente de cassiterita e pedras semi-preciosas.

Essas áreas devem ser destinadas a manejos florestais seletivos e a proteção ambiental.

No interior das Unidades de Conservação, estas devem ser delimitadas como zonas intangíveis e primitivas, destinadas somente à pesquisa e fiscalização.

**Unidade 5** (cor vermelha escura no mapa) – as unidades ocorrentes nesta área se caracterizam por se encontrarem na área de influência fluvial e se constituem em APPs.

Este sistema compreende faixas de até 2,5 km, indicando a magnitude dos processos deposicionais atuais nestas áreas das bacias hidrográficas. Também refletem o gradiente entre as cheias e vazantes dos rios principais.

Essa Unidade Geoambiental incorpora as planícies dos rios Ji-paraná, Madeirinha e tributários com altitudes em torno dos 90 - 100 metros, classificadas como Unidades Agradacionais (A) subdivididas em planícies inundáveis e vales (A3) de rios principais (A31) e secundários (A32). Os terraços fluviais ocorrem ao longo dos rios principais.

O padrão de relevo é composto por planícies aluviais elaboradas, associadas a uma baixa declividade do perfil longitudinal do rio. A declividade destes terrenos é muito baixa, geralmente inferior a 1%, sofrendo processos de inundação pelo transbordamento do canal a cada período chuvoso. Nesta região as águas dos rios como o Madeirinha e o Ji-paraná chegam a atingir 14 metros no período das cheias, causando grandes áreas de alagamentos e desestabilização das margens dos terraços. O lençol freático é sub-aflorante na maior parte do período de vazante.

Os rios principais apresentam grandes trechos retilíneos e outros com alças de meandros modificados e controlados por lineamentos estruturais, formando zigue-zague, com deslocamento e encurtamento do canal.

Em algumas áreas, pequenas soleiras associadas aos altos estruturais revigoram o poder erosivo destes rios, estreitando a faixa de deposição sedimentar. Nestas áreas ocorre o fenômeno das terras caídas.

A Unidade é constituída por Sedimentos Aluvionares e Coluvionares Holocênicos, materiais detríticos mal selecionados, constituídos por areias, siltes e argilas, com níveis conglomeráticos, depositados em canais fluviais e planícies de inundação da rede de drenagem atual. Os solos mapeados são do tipo Gleissolos Distróficos e Neossolos Flúvicos nas áreas de baixios (baixos estruturais e topográficos) e Cambissolos e Latossolos, nos terraços altos, não inundáveis.

As áreas de maior suscetibilidade à erosão são aquelas onde os solos são mais rasos, com níveis de cascalho e linhas de pedras próximas à superfície e também nos Neossolos Quartzarênicos e Plínticos relacionados à Formação Palmeiral, ocorrente no norte da área.

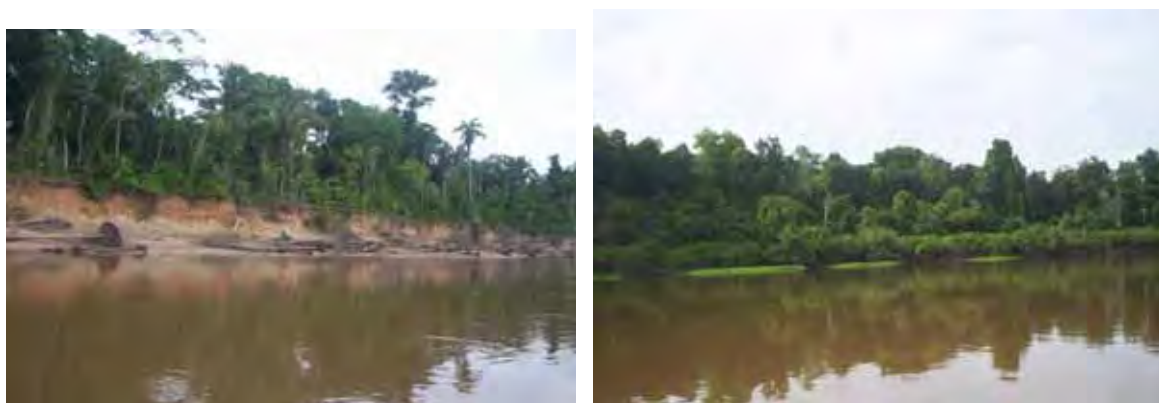


Figura 5.59 a e b - Características da paisagem na Unidade 5: a- terraços fluviais relacionados à alto estrutural no rio Jí-paraná e; b - baixo estrutural e topográfico no rio Ji-paraná – áreas inundáveis

Fotos: Eloiza, novembro 2006

Para estas áreas, as indicações de uso são as previstas pela Lei 4771/65, e alterações em Leis subseqüentes. São áreas ideais para conformarem os Corredores Ecológicos entre as Unidades de Conservação da região. Nas propriedades particulares

Deve ser dada atenção especial para as áreas de mineração e principalmente àquelas com garimpo clandestino, nas unidades como um todo, pelos riscos de contaminação de águas subterrâneas e instalação de processos erosivos acelerados.

## 6 - INTEGRAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Este capítulo contempla a integração dos dados resultantes do mapeamento Geoambiental.

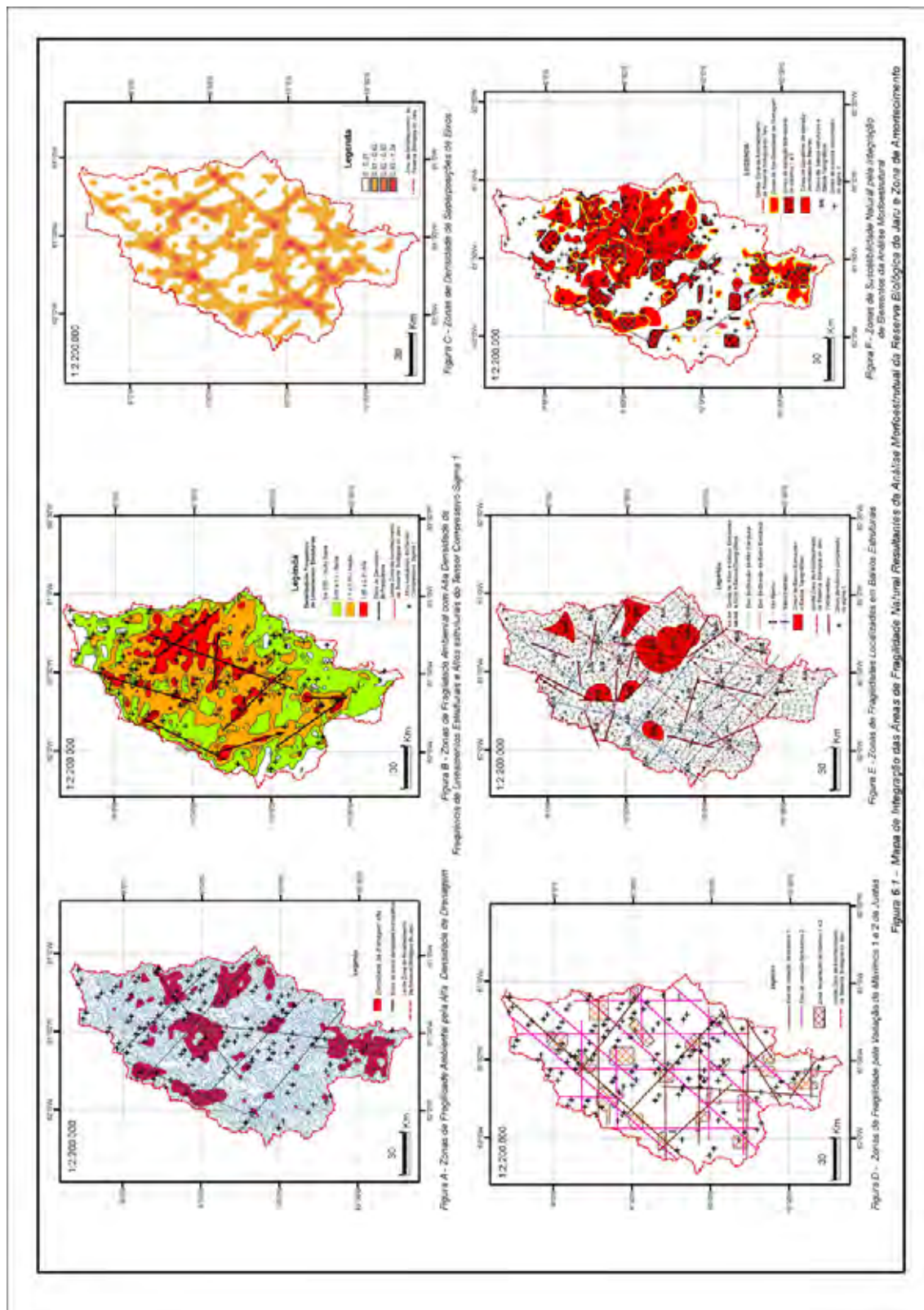
A associação e integração do mapa das Unidades Geoambientais aos mapas derivados das morfoestruturas tem por objetivo delimitar e caracterizar as Zonas Geoambientais da área sob o ponto de vista estrutural e fisiográfico.

Na delimitação de zonas de maior fragilidade ambiental, os produtos do mapeamento resultantes das análises Morfoestrutural e Fisiográfica foram integrados utilizando as ferramentas de união e intersecção de temas, presentes no ArcGis e analisados.

Numa primeira fase foram extraídas e sobrepostas as zonas de maior suscetibilidade natural dos mapas de densidade de drenagem; do mapeamento da morfoestrutura dúctil foram extraídas as áreas que se constituem em altos e baixos estruturais e seus eixos; do mapeamento da estrutura rúptil, foram extraídas as zonas de variação de máximos 1 e 2 de traços de juntas e seus eixos, e; do mapa de lineamentos estruturais foram extraídas as zona de isovalores de densidade de lineamentos e eixos e; e das hipóteses dos sistemas de cisalhamento da área, a zonas de máxima compressão do sigma 1 do sistema NS sinistral. Também são representadas a sobreposição dos eixos direcionais das morfoestruturas e seus cruzamentos. Essa união gerou o mapa de Integração das Áreas de Fragilidades Naturais resultantes da Análise Morfoestrutural (Figura 6.1).

Estas áreas estão representadas por zonas hachuradas de cor vermelha em seus respectivos mapas, por representarem zonas de fragilidade ambiental.

Figura 6.1 - Mapa de Integração das Áreas de Fragilidades Naturais resultantes da Análise Morfoestrutural





## 6.1 - ANÁLISE INTEGRADA DOS DADOS DA ANÁLISE MORFOESTRUTURAL

### 6.1.1 - ANÁLISE DA DENSIDADE DE DRENAGEM

O mapa de densidade de drenagem foi um importante elemento de análise da fragilidade ambiental, uma vez que os canais de drenagem se instalam em fraturas de toda ordem.

As zonas de alta densidade mostra as áreas densamente fraturadas estão relacionadas às rochas da Suíte Intrusiva Serra da Providência e apresenta direção SE/NW60. No sul da área, apresenta alongamento no sentido NS e EW no contato com as rochas metavulcanossedimentares do Grupo Roosevelt.

Estas zonas correspondem com muita propriedade às zonas de variação de máximos 1 e 2 de juntas. Tal resultado mostra que nessas áreas há maior probabilidade de ocorrer fraturas bidirecionais, consideradas zonas altamente colapsáveis e propensas a desmoronamentos e incisões erosivas profundas.

Os eixos destas zonas correspondem ao eixos das zonas de alta densidade de frequência de lineamentos estruturais.

As áreas de densidade de drenagem alta se caracterizam por ocorrerem em relevos declivosos, com encostas íngremes e com muitos matacões, são muito suscetíveis a erosão linear profunda, como voçorocamentos.

Dentro da Rebio Jarú, estas áreas correspondem às sub-bacia dos igarapés do Atoleiro na bacia do Tarumã e em toda área da serra do Moquém e sub-bacia do Pascana. Pequena mancha também ocorre na serra do Monte Cristo, divisor entre as sub-bacias dos igarapés Monte Cristo e Água Azul.

Na ZA, ocorre na bacia do rio Ji-paraná: nas nascentes do Igarapé Lourdes; na sub-bacia do rio Jarú; nas nascentes do rio Anari; no interflúvio dos igarapés Preto e Mucura (serras da Prata e da Maracatiara) na sub-bacia do rio Machadinho; no Igarapé do Cajueiro.

Na bacia do Madeirinha: nas nascentes deste na Serra da Providência; na sub-bacia do igarapé das Onças (serra das onças), na confluência do rio das Rosas; nas nascentes do igarapé dos Veados; na sub-bacia do Igarapé Água

Azul; nas nascentes do Igarapés São Francisco (Serra do Repartimento); na sub-bacia do Igarapé do Moquém (serra do Moquém); na sub-bacia do Igarapé São Félix.

Em termos de planejamento para uso com obras lineares, estas áreas vão exigir um número maior de construção de pontes nas estradas. Estas áreas não propiciam a mecanização para a agricultura, sendo mais recomendadas para o manejo florestal e proteção Ambiental.

#### 6.1.1 - ANÁLISE DAS MORFOESTRUTURAS DÚCTEIS (ALTOS E BAIXOS ESTRUTURAIIS)

A análise e demarcação das feições anômalas de relevo e de drenagem (anelares/radiais e retilíneas) permitiram avaliar o grau de deformação e estabelecer a compartimentação morfoestrutural dúctil da área em zonas de altos e baixos estruturais.

Na delimitação destas zonas de maior suscetibilidade foram localizadas várias áreas com altos abertos, que significam áreas de descontinuidades estruturais com basculamento de blocos que delimitam os altos e baixos estruturais. Estes altos abertos são áreas de grande suscetibilidade natural e propensas a elevada percolação de fluidos decorrentes do fraturamento do maciço (AA).

Baixos estruturais associados a baixos topográficos (B/B) estas áreas são zonas de circulação de água subterrânea alta e direcionada constituindo áreas de acumulação. A pedogênese é menor que morfogênese. A erodibilidade muito a alta. Por serem áreas de acumulação de água, a corrosividade é alta, portanto, são áreas impróprias para obras enterradas. Os baixos estruturais quando associados à *trends* de fraturas e/ou fraturamentos se tornam altamente percolativos e suscetíveis à erosão, principalmente na direção destes fraturamentos, requerendo maiores cuidados em seu manejo e ocupação.

Estas áreas estão destacadas em vermelho no mapa de zonas de fragilidades localizadas em baixos estruturais.

Os eixos das morfoestruturas dúcteis apresentam direções preferenciais N10-20E (falha da Providência), N50-60W, N30E e EW, e representam áreas de descontinuidades estruturais. São áreas problemáticas quando utilizadas com sobrecarga de fluidos tais como reservatórios de hidrelétricas.

Estas direções de eixos também se repetem nas isolinhas de maior densidade de lineamentos estruturais e nos eixos de altos estruturais do sistema compressor sigma 1 NS.

Os baixos estruturais associados a baixos topográficos ocorrem na bacia do rio Ji-paraná no setor NW, na sub-bacia do Igarapé Mucura no Machadinho; no centro/norte, na sub-bacia do igarapé Buenos Aires e no baixo rio Tarumã. Na bacia do rio Madeirinha, ocorre: no WSW na sub-bacia rio das Rosas (em três áreas); no setor NNE, na sub-bacia do Igarapé da Cobra e nas nascentes do Igarapé do Veado.

Dentro da Rebio Jarú, ocorrem na bacia do Pascana e próximo a desembocadura do rio Tarumã (ambas as áreas tem relação com a Serra do Moquém originada por basculamento no sentido EW).

#### 6.1.2 - ANÁLISE DA VARIAÇÃO DE MÁXIMOS 1 E 2 DE TRAÇOS DE JUNTAS

Sobre o mapa de traços de juntas foi realizada uma análise espacial para identificar as áreas com mudanças bruscas dessas direções de máximos 1 e 2. Nestas áreas, onde ocorrem mudanças bruscas de direções de máximos de junta, a percolação de fluídos se torna mais intensa propiciando maior alterabilidade dos materiais e a instalação de processos erosivos, aumentando a instabilidade da área e conseqüente impacto sobre obras de engenharia, principalmente as obras lineares.

Ao sobrepor as zonas de variação de máximos 1 e 2, observa-se que estas zonas têm seus eixos orientados nas direções: N30E, EW, NS e N45W.

A variação de máximos e seus eixos indicam as zonas de maior variação de tensão orientadas regionalmente (direção tectônica mais ativa). Os eixos de distribuição das variações de máximos são correlacionáveis às direções de

fraquezas crustais mais antigas que em fase posterior serviram como corredores e foram responsáveis pelo controle do desenvolvimento de novos sistemas de fraturamentos.

O controle das juntas sobre os terrenos aparecem sobre a forma inicial de incisão linear que vai aprofundando e evoluindo para ravinas e voçorocas.

Com relação a sobreposição das zonas de variação de máximos às morfoestruturas dúcteis (compartimentação em altos e baixos estruturais) verifica-se que:

As zonas de variação ocorrem com maior frequência nos altos estruturais e entre divisores de altos e baixos estruturais.

As zonas são correlacionáveis as zonas de densidade de drenagem e aos eixos do sistema compressor (sigma 1) NS.

As direções de orientação dos eixos são coincidentes com os eixos de variação dos máximos 1 e 2 e com os eixos das morfoestruturas dúcteis (altos e baixos estruturais).

Também se observa que as zonas de variação de máximos de juntas ocorrem nos divisores de água, e ao longo dos canais principais.

Na área, as anomalias com sobreposição de zonas de variação de máximos 1 e 2 ocorrem:

Na bacia do rio Ji-paraná: nas nascentes do Igarapé Lourdes; no Igarapé Água Azul; na sub-bacia do rio Jarú; nas nascentes do rio Anari; no interflúvio dos igarapés Preto e Mucura na sub-bacia do rio Machadinho; no Igarapé do Cajueiro.

No interior da Rebio Jarú, ocorre na sub-bacia do rio Tarumã (entre as confluências dos igarapés Manduquinha e Atoleiro).

Na bacia do Madeirinha: nas nascentes deste na Serra da Providência; na sub-bacia do igarapé das Onças, na confluência do rio das Rosas; nas nascentes do igarapé dos Veados; na sub-bacia do Igarapé Água Azul; nas nascentes do igarapé São Francisco; na sub-bacia do Igarapé do Moquém; na sub-bacia do Igarapé São Félix, e; no interflúvio dos Igarapés Santo Antônio e Dois Irmãos.

Ressalta-se que essas zonas de variação de máximos são regiões intensamente rompidas, com forte circulação de água, com ambiente oxidante, o que origina zonas intensamente lixiviadas e erodidas.

### 6.1.3 - ANÁLISE DA DENSIDADE DE LINEAMENTOS

Sobre o mapa lineamentos estruturais foram analisados as zonas de maior frequência de lineamentos permitindo determinar zonas de fraqueza crustal, amplamente fraturadas e com forte anisotropia, e seus eixos.

Estes eixos destas zonas estão orientados nas direções: N40W, N20E, N30E, N80W (EW) e se repetem em intervalos regulares formando direções dos diedros de rompimento da intersecção dos lineamentos.

O eixo de máxima compressão (sigma 1 N50-60W) do sistema NS sinistral se mostrou apropriado para a área, correspondendo às zonas de maior frequência de lineamentos estruturais.

As direções de orientação dos eixos das zonas de maior densidade de lineamentos estruturais estão fortemente influenciadas pelos grandes falhamentos regionais.

Esses eixos também são correlacionáveis aos eixos das zonas de alta densidade de drenagem.

As zonas de maior densidade de drenagem, dentro da Reserva Biológica do Jaru se encontram na região da Serra do Monte Cristo, Serra Grande e do Moqué. Ao Sul, na divisa da Terra indígena Igarapé Lourdes pela presença da serra da Providência.

Na ZA, destaca-se uma grande mancha entre as serras do Repartimento e do São Francisco, área de contato geológico, que se destaca por *trends* no sentido EW e NS.

### 6.1.4 - EIXO DE MÁXIMA COMPRESSÃO (SIGMA 1 ENTRE N30W) DO SISTEMA NS

As zonas de cisalhamento intenso definem zonas de colapso dos materiais e estas direções devem ser levadas em conta nas obras de engenharia de grande porte, bem como nos corte de estradas.

O estudo da direção da compressão (sigma 1) leva a definição dos altos estruturais, se estes se encontram alinhados são interpretados como zona de

fraqueza da área e, por conseqüência, são áreas onde os pacotes sedimentares são mais profundos, fraturados e colapsíveis.

Para a área foi testado o Sistema de cisalhamento (puro) NS Sinistral cujo resultado se apresenta sobreposto às figuras 6.1 a, b, d, e, f.

O eixo de máxima compressão do sistema NS SINISTRAL, apresenta maior adensamento entre as direções N30W (R) e EW (R') estando o sigma entre N50-60W, correspondendo a direção de maior densidade de freqüência de lineamentos estruturais na área. Como esta direção se apresenta em todas as estruturas analisadas, considerou-se que o sistema corresponde adequadamente à direção de cisalhamento da área.

As evidências que validam este sistema na área poderam ser visualizadas mediante análise da rede de drenagem, onde se constata que estes lineamentos N30E e N50-60W são deslocados por lineamentos NS (N15E) e EW (N85E e N85W).

#### 6.1.5 - SOBREPOSIÇÃO DE EIXOS

Os eixos das morfoestruturas dúcteis apresentaram direções preferenciais N20E, N50-60W e N30-40E, além das N30W e EW.

Estas direções também se repetem nos eixos nas zonas (N40W, N20E, N30E, N80W (EW) de maior densidade de lineamentos estruturais e nos eixos de altos estruturais do sistema compressor sigma 1 NS (N50-60W).

As zonas de variação de máximos 1 e 2 tem e de densidade de drenagem seus eixos nas direções preferenciais N30E, EW, NS e N45W.

Na figura 6.1C está representada a densidade desses eixos (elaborada no estimador de densidade Kernel, ArcGis ).

Na sobreposição dos lineamentos estruturais, percebeu-se que estes eixos estão adensados e alinhados aos eixos dos grandes lineamentos estruturais regionais correspondendo ao sistema de cisalhamento (puro) NS Sinistral hipotetizado para a área..

Essas direções devem ser levadas em conta no uso das áreas, principalmente onde ocorre a sobreposição desses eixos. São áreas instáveis,

colapsáveis, percolativas, e de alta suscetibilidade natural, conseqüentemente são zonas de maior fragilidade ambiental.

## **6.2 – ANÁLISE DOS DADOS RESULTANTES DA ANÁLISE FISIOGRÁFICA**

Na seqüência, foram extraídas as zonas de fragilidades do Mapa de Unidades Geoambientais Figura, onde foram agrupadas as zonas das Áreas de Proteção Permanentes e a zona 4 (alta suscetibilidade natural á erosão) deste mapa, gerando o mapa de Zonas de Fragilidades Naturais pela análise Fisiográfica (figura 6.2 b).

O mapa de Zonas de Suscetibilidade Natural pela Integração de Elementos da Análise Morfoestrutural (figura 6.2 a) foi sobreposto ao mapa de Zonas de Fragilidades Naturais pela análise Fisiográfica (6.2 a). Dessa união, foi gerado o mapa de Integração Áreas de Fragilidades Naturais resultantes das análises Morfoestrutural e Fisiográfica (Figura 6.2).

O mapa de Integração das Áreas de Fragilidades Naturais resultantes das análises Morfoestrutural e Fisiográfica foi sobreposto ao mapa Unidades Geoambientais gerando o mapa de Zonas Geoambientais da Reserva Biológica do Jaru e Zona de Amortecimento (figura 6.3). As Informações do mapa 6.2 aparecem hachuradas sobre as zonas do mapa de Zonas Geoambientais, indicando a sobreposição de eventos morfoestruturais nas áreas.

Este mapa é apresentado em zonas segundo a suscetibilidade natural e restrições de uso.

Conforme explicado na legenda do mapa, zonas sobrepostas com eventos morfoestruturais passam a ter as restrições das zonas subseqüentes.

As áreas mais restritivas ao uso são as da zona 4, com sobreposição,

Estas áreas devem ser constituídas em Unidades de Proteção, caso estejam fora da Reserva Biológica. Dentro da Reserva, devem constituir as zonas Intangível e/ou primitiva.

Figura 6.2 - Zonas de Fragilidades Naturais pela análise Fisiográfica

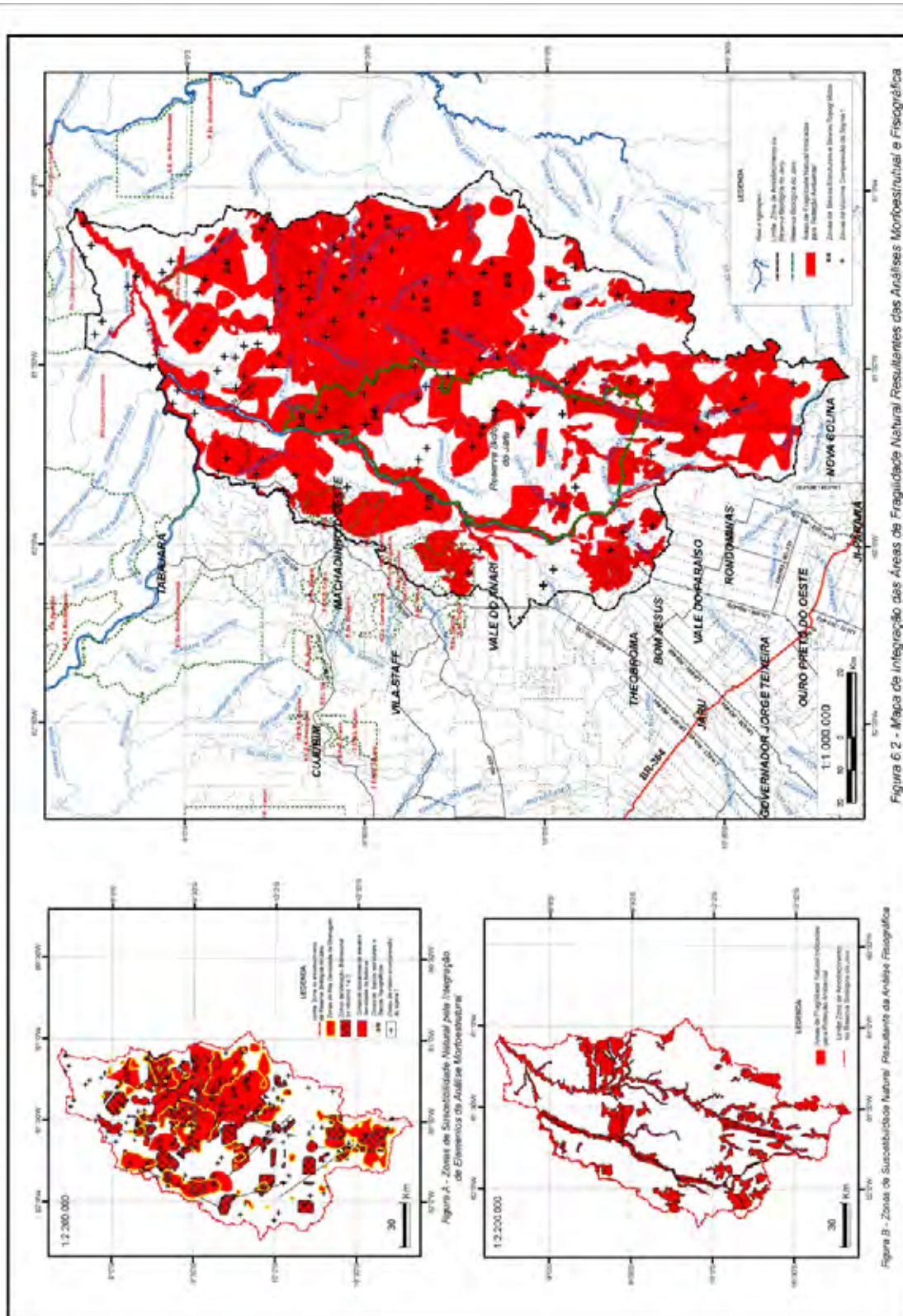
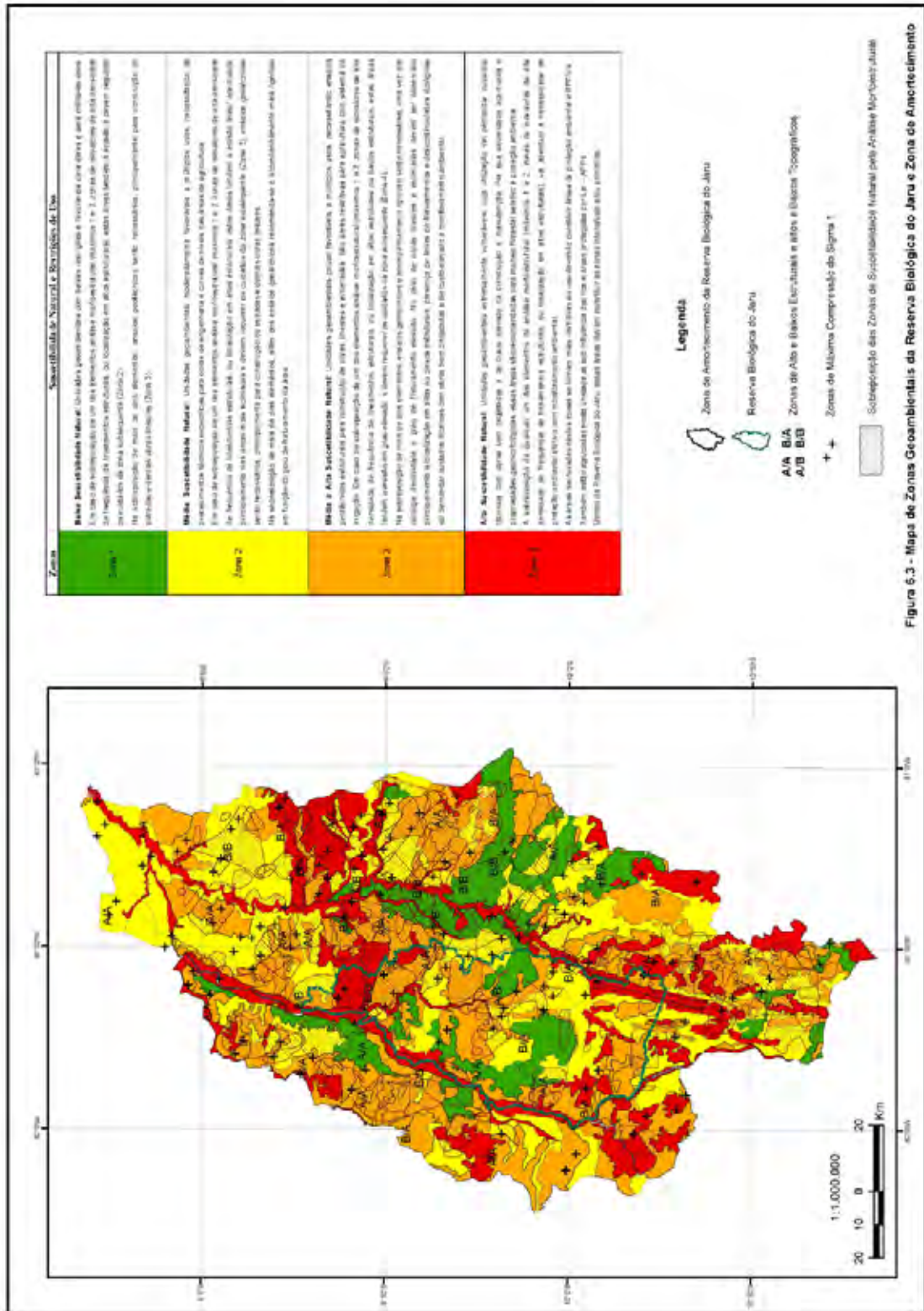


Figura 6.2 - Mapa de integração das Áreas de Fragilidade Natural Resultantes das Análises Morfoestrutural e Fisiográfica



6.3 - Mapa do Zoneamento Geoambiental da Zona de Amortecimento da Reserva biológica do Jaru



### 6.3 – ANÁLISE DAS ZONAS GEOAMBIENTAIS

Ao analisar o mapa de Unidades Geoambientais ao lado dos mapas de morfoestruturas e derivados, percebe-se a similaridade entre as áreas demarcadas como zonas de maior fraqueza (figura 6.1). Na sobreposição as áreas em vermelho ficam mais evidentes, permitindo classificação quanto à capacidade de uso, (figura 6.2).

A distribuição espacial das manchas permitiram identificar que as áreas de maior fragilidade, resultantes das análises morfoestrutural e fisiográfica se localizam no eixo sul da ZA, partindo da Serra da Providência em direção ao Nordeste (a partir do rio das Rosas até o Igarapé da Cobra, no rio Madeirinha), e deste para NW em direção ao cotovelo do rio Ji-paraná. No centro área, em trechos da bacia do rio Tarumã e em direção da Serra do Moquém e lineamento do rio Jí-paraná. No SSW a partir do lineamento do Igarapé Lourdes em direção a Serra da Prata e desta pelo lineamento do rio Machadinho.

Estas áreas se encontram em regiões de contato entre unidades geológicas e são cortadas por lineamentos de extensão regional e trends de fraturas. A presença dessas zonas vermelhas dentro das unidades de suscetibilidade ambiental estabelecidas nas UGA's, leva ao seguinte Zoneamento:

**Zona 1 – Baixa suscetibilidade natural:** esta zona engloba unidades Geoambientais com baixas restrições de uso, favoráveis para obras e para múltiplos usos. Em caso de sobreposição de um dos elementos análise morfoestrutural (alta densidade de drenagem, máximos 1 e 2, zonas de alta densidade de isovalores, ou localização em altos estruturais), estas áreas tendem a erosão e devem requerer os cuidados da zona subsequente (Zona 2).

Na sobreposição de mais de dois elementos, ensaios geotécnicos serão necessários, principalmente para construção de estradas e demais obras lineares (Zona 3).

**Zona 2 – Média suscetibilidade natural:** esta zona engloba unidades geoambientais moderadamente favoráveis a múltiplos usos, necessitando de

procedimentos técnicos específicos para obras de engenharia, e curvas de níveis nas áreas de agricultura.

Em caso de sobreposição de um dos elementos análise morfoestrutural (alta densidade de drenagem, máximos 1 e 2, zonas de alta densidade de isovalores, ou localização em altos estruturais, estas áreas tendem a erosão linear acentuada, principalmente nas áreas mais inclinadas e devem requerer os cuidados da zona subsequente (Zona 3), ensaios geotécnicos serão necessários, principalmente para construção de estradas e demais obras lineares.

Na sobreposição de mais de dois elementos, além dos ensaios geotécnicos recomenda-se o acompanhamento mais rigoroso em função do grau de fraturamento da área.

**Zona 3 – Média a alta suscetibilidade natural** – esta zona engloba unidades Geoambientais pouco favoráveis a múltiplos usos, necessitando ensaios geotécnicos estruturais para construção de obras lineares e enterradas. São áreas restritivas para a agricultura, principalmente aquelas que demandam utilização de agrotóxicos e sistema de irrigação.

Em caso de sobreposição de um ou mais elementos da análise morfoestrutural, estas áreas tendem a erosão em grau elevado e devem requerer densa infra-estrutura para construção. Ensaios geotécnicos e acompanhamento rigoroso serão necessários, uma vez que conjuga declividade superior a 15% e grau de fraturamento elevado.

No caso de obras lineares e enterradas deve ser observada principalmente a localização em altos ou baixos estruturais, presença de trends de fraturamentos e descontinuidades litológicas vai demandar cuidados técnicos com obras bem projetadas e de custo elevado com monitoramento ambiental.

**Zona 4 – Alta suscetibilidade natural:** esta zona engloba unidades Geoambientais extremamente vulneráveis, cuja utilização vai demandar cuidados técnicos com obras bem projetadas e de custo elevado na construção e manutenção. Por sua declividade acentuada e propriedades geomorfológicas, essas áreas são recomendadas para manejo florestal seletivo e proteção ambiental.

A sobreposição de qualquer um dos elementos da análise morfoestrutural (alta densidade de drenagem, máximos 1 e 2, zonas de alta densidade de isovalores, ou localização em altos estruturais), vai acentuar a necessidade de proteção ambiental efetiva com monitoramento permanente.

São zonas de fraqueza e que demandam critérios para utilização. Cuidados especiais no uso com agricultura e obras civis bem planejadas. Essas zonas são áreas restritivas às obras lineares ou de grande sobrecarga como é o caso de reservatórios de usinas hidrelétricas.

**Zona 5 – Muito alta suscetibilidade natural:** esta zona engloba unidades Geoambientais sob influência dos rios e áreas protegidas – APPs, cuja utilização é restritiva com critérios estabelecidos por Lei.

No caso de utilização, a sobreposição de elementos deve ser fator de restrição ao uso, com procedimentos técnicos rigorosos e obras bem projetadas, além de monitoramento ambiental efetivo.

#### **6.4 - Mapa de Fragilidades Naturais Indicadas para a Proteção Ambiental**

Por fim, o mapa de Zonas de Fragilidades Naturais resultantes das análises Morfoestrutural e Fisiográfica é apresentado sobreposto a carta imagem com o uso da Terra na área, para espacialização das zonas de fragilidades e proposição dessas áreas para a proteção ambiental e para permitir a análise sobre as adequabilidades de uso múltiplo e para a proteção ambiental (figura 6.4).

Este mapa foi denominado de Mapa de Fragilidades Naturais Indicadas para a Proteção Ambiental na Zona de Amortecimento da Reserva Biológica do Jarú.

Este título se dá em função das prioridades de proteção para a Unidade de Conservação.

Dentro das áreas apresentadas em vermelho se visualiza o uso da terra no entorno da UC. Estas áreas devem passar por adequações de uso, se dando preferência por planos de manejo florestal e atividades menos impactantes, como turismo.

As Zonas em vermelho que fazem limites com a Reserva Biológica são áreas potenciais para integração e/ ou, para a formação de novas unidades de proteção.

Percebe-se que no Estado de Rondônia algumas das áreas em vermelho já estão constituídas em Reservas Extrativistas. Fora delas o uso da terra se mescla em áreas de pastagem e agricultura de sobrevivência. Manejos florestais também ocorrem ao longo do rio Ji-paraná.

No Mato Grosso as atividades se constituem em criação de gado e indústria Madeireira, de grande porte. Os garimpos são as atividades mais preocupantes, bem como as aberturas de estradas interestaduais (rodovia do Estanho) e surgimento de novos núcleos populacionais ao longo destas.

De qualquer forma, as áreas em vermelho no entorno da Reserva indicam as zonas de fragilidades resultantes das análises Morfoestrutural e Fisiográfica, que devem permanecer como Zona de Amortecimento da Reserva, visando a proteção destes ambientes.



## 7- CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Na Gestão ambiental, as áreas de entorno das Unidades de Conservação assumem importante papel para o cumprimento dos objetivos para os quais a Unidade foi criada, possuindo Legislação específica, que restringe as formas de uso dessas áreas e estabelecimento de critérios para sua delimitação.

Buscou aqui, desenvolver procedimentos metodológicos do Zoneamento Geoambiental, especificamente os métodos e técnicas das Análises Fisiográfica e Morfoestrutural, para caracterização de áreas de fragilidades ambientais visando subsidiar o planejamento em áreas de entorno de Unidades de Conservação e na própria unidade, mediante a interpretação em imagens orbitais (SRTM).

Este estudo teve como foco a Reserva Biológica do Jarú, Unidade de Proteção Integral, com múltiplos problemas em seu entorno, gerados pelo uso da terra. Sob esta realidade, dirigiu-se um olhar especial para a Zona de Amortecimento, no sentido de mapear suas fragilidades ambientais e orientar o uso dos recursos naturais dessa área, e da própria Unidade de Conservação.

A fase de campo foi elemento fundamental nesse estudo, uma vez que esta metodologia é complexa e demanda de conhecimentos específicos por parte do pesquisador, para a efetiva compreensão dos elementos analisados e verificação dos resultados.

A análise das morfoestruturas da área (altos e baixos estruturais e topográficos, lineamentos estruturais, zonas de máximos de juntas e de densidade de drenagem associadas as características Fisiográficas das Unidades Geoambientais permitiram identificar e delimitar as áreas de maior fragilidade ambiental a serem destinadas para a proteção, e as com potencial para usos múltiplos,

A metodologia do Zoneamento Geoambiental, foi facilitada pelo uso do geoprocessamento. A imagem SRTM se mostrou bastante adequada para atingir o objetivo proposto, uma vez que o Modelo de Elevação Digital – DEMSRTM proporcionam a extração de dados e informações do relevo e da drenagem, que se constituem os elementos fundamentais de análise da sistemática adotada.

A propriedade de radar da Imagem SRTM ressalta a rugosidade do terreno, que associados ao DEMs proporcionam a visualização da área em 3D, facilitando a extração ou a delimitação dos elementos pretendidos em ambiente digital.

O uso do geoprocessamento na elaboração e gerenciamento dos dados foi fundamental para a agilidade deste processo, proporcionando a geração dos mapas temáticos e a sobreposição destes para a integração e análise dos resultados. Ao final, os produtos gerados estão organizados para a utilização em projetos futuros e para dar suporte a Gestão da área focalizada.

A delimitação das áreas das UBC's e extração dos elementos (drenagem e lineamentos estruturais) e elaboração dos planos de informações dos mapas principais (UBC's, UGA's, morfoestrutura dúctil, lineamentos estruturais, zonas de máximos de juntas e de densidade de drenagem) foi realizada com o uso do software Global Mapper e exportados para o ArcGis (ESRI). O ArcGis foi elemento fundamental para a elaboração do Sistema de Informação Geográfica. No ArcGis, os dados foram classificados, cruzados, integrados, gerando os mapas derivados e também os mapas finais, pela sobreposição e a integração dos dados. Os dados se encontram armazenados para usos futuros.

Dos produtos do mapeamento proposto no Zoneamento Geoambiental, a elaboração do mapa de Zonas Geoambientais indicando as áreas de suscetibilidade natural e capacidade de suporte do meio físico a partir da integração dos resultados das análises Morfoestrutural e Fisiográfica constantes na Sistemática de Zoneamento Geoambiental permitiram visualizar as áreas mais tectonizadas da região, e conseqüentemente mais suscetível a alteração e processos erosivos, cujo uso poderá se constituir em elemento de fragilidade para a integridade e manutenção da biodiversidade na Unidade de Conservação.

A distribuição espacial das manchas permitiram identificar que as áreas de maior fragilidade, resultantes das análises morfoestrutural e fisiográfica se localizam no eixo sul da ZA, partindo da Serra da Providência em direção ao Nordeste (a partir do rio das Rosas até o Igarapé da Cobra, no rio Madeirinha), e deste para NW em direção ao cotovelo do rio Ji-paraná. No centro área, em trechos da bacia do rio Tarumã e em direção da Serra do Moquém e lineamento do rio Jí-paraná. No SSW a partir do lineamento do Igarapé Lourdes em direção a Serra da Prata e desta pelo lineamento do rio Machadinho.



Estas áreas se encontram em regiões de contato entre unidades geológicas e são cortadas por lineamentos de extensão regional e trends de fraturas.

O fato de a metodologia ter sido aplicada numa área que está delimitada dentro de grandes bacias hidrográficas, proporcionou a compreensão do comportamento hidrológico regional e o conhecimento das áreas de recarga e de armazenamento de água, e isto se constitui numa importante ferramenta para o planejamento da área considerando suas potencialidades e limitações, dentro da visão sistêmica, no seu inteiro teor.

Avaliando-se a aplicabilidade da metodologia para uso em diagnósticos para Plano de Manejos e Planejamento em áreas de entorno de Unidades de Conservação, frente aos objetivos e critérios estabelecidos no Roteiro Metodológico (IBAMA, 2002), observa-se que a metodologia atende a estes critérios, nos seguintes aspectos:

Permite definir e estabelecer com boa precisão as áreas de maior fragilidade natural na Zona de Amortecimento e que devam ser incorporadas a Unidade de Conservação ou destinadas à proteção ambiental. Também auxilia na definição de zonas de proteção na própria UC.

Permite delimitar zonas de recargas de aquíferos dentro bacia hidrográfica, pela localização de altos e baixos estruturais resultantes da análise das morfoestruturas dúcteis e, conseqüentemente ,localizar as áreas mais úmidas e de importância ecológica, dentro e fora das Unidades e que devam se constituir em áreas de proteção.

Permite a identificação e delimitação de áreas sujeitas a processos de erosão e de escorregamentos de massa que possam afetar a integridade da UC.

Permite, pelo zoneamento, delimitar entre os remanescentes de florestas naturais, as áreas que podem vir a ser contituidas em Corredores Ecológicos entre Unidades de Conservação, utilizando como critério, a suscetibilidade natural.

Por todas estas características evidenciadas e pelas análises intrínsecas de cada produto gerado pela análise morfoestrutural e fisiográfica, espera-se poder contribuir para planejamento e tomada de decisões na Zona de Amortecimento da Reserva Biológica do Jarú.

Considera-se que os resultados alcançados estão baseados em critérios técnicos confiáveis pela convergência de evidências apresentadas no mapeamento produzido, e que os produtos derivados se constituem em importantes ferramentas para a tomada de decisões por parte dos gerenciadores de planos de manejo.

Como já mencionado anteriormente, este estudo faz parte de um estudo mais amplo, onde foram analisados outros parâmetros do meio físico (litologia, geomorfologia, solos e rede de drenagem) que associados as análises Morfoestrutural e Fisiográfica possibilitaram dimensionar com maior confiabilidade as áreas de suscetibilidade natural, bem como classificá-las quanto à capacidade de suporte da frente aos múltiplos usos e proteção ambiental.

Propõe-se que os próximos estudos, relativos ao meio biótico e abiótico, dêem prioridade as áreas de interesse localizadas nas zonas de maior suscetibilidade natural, aqui evidenciadas.

## BIBLIOGRAFIA

ADAMY, A.; MENEZES, S. Diagnóstico do meio Físico da Reserva Lourdes, In: **Diagnóstico Etnoambiental Participativo e Plano de Gestão da Terra Indígena Igarape Lourdes**. Kanindé, Porto Velho, 2005.

AGHASSY, J.; BERGER, Z. **Application of side-looking color infrared photography for structure detection in subtle topography**. In: International Symposium on Remote Sensing of Environment, 15., 1981, Ann Arbor, MI. **Proceedings...** Ann Arbor, MI: ERIM, 1981. p. 491-498.

ALMEIDA FILHO, R.; MIRANDA, F. P.; BEISL, C. H. **Evidência de uma mega captura fluvial no Rio Negro (Amazônia) revelada em modelo de elevação digital da SRTM**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 1701-1707, 2005. 1 CD-ROM. ANEL. **Bacia Amazônica**, 2005. CD-ROM

ALVES, F. S. M; FISCH, G; VENDRAME, I F. – **Modificações do Micro Clima e do Regime Hidrológico Devido ao Desmatamento na Amazônia: Estudo de Um caso em Rondônia**, Brasil, in Acta Amazônica, Vol 29, Nº 3 set/ 1999, Manaus. 1999.

BAHIA, R. B. C. **A Formação Palmeiral (Proterozóico Superior) na Serra dos Pacaás Novos, Oeste de Rondônia**. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geociências - UFPA. Belém, 1997.

BASHENINA, N.V.; ARISTARCHOVA, L.B.; LUKASOV, A.A.. **Methods of Morphostrutural Analyses**. Geomorphological Mapping of U.G.I. Praga, 1972.

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. 1996.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. São Paulo: Revista IG-USP (Caderno de Ciências da Terra, n.13), 1971. CHORLEY, R. J. **A Geomorfologia e a Teoria dos Sistemas Gerais**. Campinas: Notícias Geomorfológicas, n.11. 1971.

BEISL, C. H. **Integração de dados de sensoriamento remoto, geologia, gravimetria e topografia para o estudo do arcabouço estrutural em uma parte do compartimento nordeste da Baía do Recôncavo**. Dissertação de Mestrado. INPE, 1996. 130p.(INPE-9611-TDI/838).

BERGER, Z. **Satellite hydrocarbon exploration: Interpretation and integration techniques**. Berlin: Springer-Verlag-Heidelberg, 1994. 319p

BORRINI, F. G. **Manejo Participativo de Áreas protegidas: Adaptando o Método ao contexto**. Temas de Política Social. UINC SUR. Quito (Equador), 1997.

BRASIL, **Lei 9.985/2000**

BRASIL, **Lei 6938/1981**

BRASIL, **Lei 4771/1965**

BRASIL. **Decreto n. 96944/88. Programa Nossa Natureza.**

BRASIL. **Resolução 13/90 CONAMA**

BRASIL. **Decreto 99193/1990. PZEE**

BRASIL / Ministério do Meio Ambiente. **Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade na Amazônia Brasileira.** Brasília: MMA/SBF, PROBIO.. 2001. 404p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Diretrizes Metodológicas para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil.** MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. 2001. 291p.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Programa Zoneamento Econômico-Ecológico. Diretrizes metodológicas para Zoneamentos Econômico-Ecológico no Brasil.** 3ª. Ed. Revisada. Brasília: MMA/SDS, 2006.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL,** Levantamento de Recursos Naturais. Folha SC 20 Porto Velho, V. 16, Rio de Janeiro, 1978.

BRASIL/SIPAM, Sistema de Proteção da Amazônia - **Boletim Climático de Rondônia.** Centro Técnico e Operacional pe Porto Velho. Coordenação de Operações Integradas. Divisão de Meteorologia e Climatologia, 2007.

CAETANO, N. R.; OHARA, T; MATTOS, J. T. de. **Identificação de áreas de risco geológico para construção de rodovias utilizando sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica.** In: XLI Congresso Brasileiro de Geologia, 2002, João Pessoa - PB. Caderno de Resumo, CD-ROM, 2002. v. único. p. 38-45.

CAETANO, N.R. **Procedimentos metodológicos para o planejamento de obras e usos: uma abordagem geotécnica e geoambiental.** 2006, 163. f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Orientador: Mattos, J.T. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

CAMARGO, M.N.; KLAMT & KAUFMANN, J.H. **Classificação de solos usada em mapeamentos Pedológicos no Brasil,** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 1987.

CAMPOS J.N.P.; TEIXEIRA L.B.. **Estilo tectônico da Bacia do Baixo Amazonas.** In: SBG, Congr. Brás. Geol., 35, Belém, 1988 *Anais*, 5:2161-2172. Belém, 1988.

CASES, O. **Elementos Participativos na Elaboração de Planos de Manejo das Unidades de Conservação de Uso Indireto no Brasil.** IBAMA/PNMA. 1998. Inédito

CHRISTOFOLETTI, A; **Geomorfologia.** São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 188p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais.** São Paulo. Ed Edgard Blucher Ltda, 1999.

COCHRANE, T.T. e SANCHEZ, P.A.. 1982. **Land resources, soil properties and their managemant in the Amazon region: A state of Knowlwdge report.** In: International Conference on Land Use and Agricultural Reserarch in the Amazon. CIAT, Cali, Colombia. p. 141-219.

COCHRANE, T.T. e JONES, P.G. 1981. **Savannas, florests and wet season potential evapotranspiration in tropical South America.** Trop. Agric. (Trinidad) Vol. 58, N.º 3. Pp 185-190.

COSTA J.B.S. & HASUI Y.. **O quadro geral da evolução tectônica da Amazônia.** In: SBG/Núcleo de São Paulo Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 3, Rio Claro, *Anais*, 1991. p. 142-145.

COSTA J.B.S. & HASUI Y. **Evolução geológica da Amazônia.** In: M. L. Costa & R. S. Angélica (ed.). **Contribuições à Geologia da Amazônia.** Belém, FINEP/SBG-Núcleo Norte, 1997. 15-90.

CPRM-DSG. **Mapa Hidrogeológico do Estado de Rondônia**, Programa de Recursos Hídricos, Porto Velho, 1998.

CPRM. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Rondônia**. Programa Geologia do Brasil. Porto Velho, 2000.

CPRM. **Programa Geologia do Brasil, Carta Porto Velho (SC.20)**, CPRM- Programa Geologia do Brasil, Brasília, 2004a.

CPRM, **Geologia e recursos minerais do Estado de Mato Grosso**. CPRM - Programa Geologia do Brasil, Brasília, 2004b.

CPRM, **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Amazonas**. Manaus: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2006. 125p.

CRISÓSTOMO NETO, A.P. **Mapeamento geoambiental por imagem de satélite do Vale do Paraíba**. 2003. 67f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

CUNHA F.M.B.. **Morfologia e neotectonismo do rio Amazonas**. In: SBG/Núcleo Norte, Simpósio de Geologia da Amazônia, 3, Belém, 1991. *Anais*, 193-209. Belém, 1991.

DELLA JUSTINA, E. E. e MACHADO, B. G.. **Diagnóstico do Meio Físico da Reserva Biológica do Jarú (RO)** in: Estudos para a Revisão do Plano de Manejo da Reserva Biológica do Jarú, MMA/IBAMA, Brasília, (in press).

DELLA JUSTINA, E. E.; ALARSA, C.; BARATA, C.S.. **Diagnóstico do Meio Físico do Parque Nacional dos Campos Amazônicos** in: Estudos para o Plano de Manejo Parque Nacional dos Campos Amazônicos, MMA/IBAMA, Brasília, (in press).

DEFFONTAINES, B.; CHOROWICZ, J. **Principles of drainage basin analysis from multisource data: Application to the structural analysis of the Zaire Basin**. Tectonophysics, v. 194,n. 3, 1991. p. 237-263.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Procedimentos normativos de Levantamentos Pedológicos**. São Paulo: EMBRAPA, 1995. 116 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, Serviço de Produção de Informação, 1999. 412 p.

ESRI, **Software ArcGis 9.32**, 2008 ®.

FACINCANI, E. M. **A influência de estrutura no desenvolvimento das boçorocas na região de São Pedro e Aspectos Jurídicos**. Dissertação de Mestrado em Geociências e Meio-Ambiente. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Rio Claro, 1995.

FACINCANI, E. M. **Morfotectônica nas adjacências de Rio Claro, São Carlos e Piracicaba**, SP. Tese de Doutorado em Geociências e Meio Ambiente. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Rio Claro, 2000.

FACINCANI, E. M.; HASUI, Y. ; RUEDA, J. R. J / JIMÉNEZ - RUEDA, J. R. ; R, J. ; MATTOS, J.t. De. . **Influência das Estruturas e Tectônica na Gênese e Evolução das Boçorocas da Região de São Pedro - SP**. 38º Congresso Brasileiro de Geologia. Camboriú - SC.. In: 38º Congresso Brasileiro de Geologia, 1994. Anais do 38º Congresso Brasileiro de Geologia. Camboriú - SC. v. 2. p. 278-279.

FERREIRA, L.M. **Aspectos de um sistema de Monitoramento da Proteção da Biodiversidade em Unidades de Conservação – SIMBIO**, IBAMA/GTZ. Brasília, 1997. Inédito. .

FERREIRA, M. F. A. **Geomorfologia e Análise Morfotectônica do Alto Vale do Sapucaí – Pouso Alegre (MG)** . Tese de Doutorado. UNESP, Instituto de Geociências e Ciências Exatas Rio Claro 2001, 279 P.

FISCH, G. ; VENDRAME, I. ; ALBUQUERQUE, V. F. . **Influência da condutância estomática no cálculo da evapotranspiração em Rondônia**. RBRH - Rev. Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, RS, v. 5, n. 2, p. 59-70, 2000

FISCH, G. . **Modificações do microclima e regime hidrológico devido ao desmatamento da Amazônia: estudo de um caso em Rondônia (RO)**, Brasil. Acta Amazônica, Manaus, AM, v. 29, n. 3, p. 395-409, 1999.

FRANZONI, A.M.B. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento na caracterização do meio físico para fins de traçado e manutenção de rede viária. Ilha de Santa Catarina – SC**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). UNESP, Rio Claro, 2000. 132 p.

FRANZONI, A. M. B.; LAPOLLI, É. M.. **Metodologia de Mapeamento Geoambiental para Estudos de Traçado e Manutenção de Rede Viária**. In: X Simpósio Latino-Americano de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Espacial, 2002, Cochabamba. X Simpósio Latino-Americano de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Espacial. Cochabamba: SELPER -Bolívia, 2002.

FRASCA A.A., BORGES F.R. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos – PLGB**. Projeto Província Mineral de Alta Floresta (PROMIN Alta Floresta). Geologia e Recursos Minerais da Folha Ilha 24 de Maio, SC.21-Z-A. Brasília, CPRM, Brasília, 2005.

GERASIMOV, I.P. e MECHERIKOV, J.A.. **Morphostructure**. In: The Encyclopedia of Earth Sciences Series. Vol 3. Ed. Rhodes W. Fairbridge. 1968. p. 731-732

GUIMARÃES, S. C. P. **Zoneamento geoambiental como subsídio à aptidão agrícola das terras do município de Cujubim**. 2001. 133 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

GLOBAL MAPPER SOFTWARE LLC, **Software Global Mapper 10.1®**, 2008

GOOSEN, D. Interpretacion de fotos aéreas y su importancia en levantamiento de suelos. **Boletín sobre suelos**, Roma, n.6, Roma, 1968. p.50-58.

GUY, M. **Quelques principes e quelques experiences sur la methodologie de la photo-interpretation**. IN: Symposium International de Photo-Interpretation, 2, 1966, Paris. II Symposium International de Photo-Interpretation: Acte, 1966, v.1, p.21-41. .

HANSEN, R. F. **Radar Interferometry: Data interpretation and analysis**, New York:Springer, 2001. 308p.

HASUI, Y. Evolução geológica da Amazônia. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 5.,1996, Belém. **Boletim de resumos de geologia e guia de excursões da Amazônia**. Belém: SBG, 1996. p. 31-34.

HASUI Y. **Neotectônica - aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil**. In: SBG/ Núcleo Minas Gerais, I Workshop sobre Neotectônica e Sedimentação Cenozóica Continental no SE do Brasil., Belo Horizonte, 1990. *Anais*, 11:1-31.Belo Horizonte, 1990.

HOWARD, A. D. Drainage Analysis in Geologic Interpretation: A summation. **The American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, 1967.v. 51, n. 11, p. 2246-2259,

IBAMA. **Plano de Manejo da Reserva Biológica do Jaru**. Brasília 1984. .

IBAMA. **Roteiro Metodológico de Planejamento, Parque Nacional, Reserva Biológica E Estação Ecológica**. Brasília Edições IBAMA, 2002, 136P. .

IBAMA. **Roteiro Metodológico para Gestão de áreas de Proteção Ambiental – APA**. Edições IBAMA. Doc. Interno IBAMA/GTZ, 1996. .

IBAMA. **Roteiro Metodológico para o Planejamento de Unidades de Conservação de Uso Indireto**. IBAMA/GTZ, 1996. .

IBAMA. **Roteiro Metodológico para o Planejamento de Unidades de Conservação de Uso Indireto**. IBAMA/GTZ, 1996. .

IBANEZ, D. M. **Integração de dados de sensoriamento remoto (STRM e RADARSAT-1), geologia, gravimetria e magnetometria para estudo morfoestrutural da área do rio Uatumã, bacia do Amazonas**. São José dos Campos:INPE, 2006.164p. .

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Diagnóstico Ambiental da Amazônia Legal**. Rio de Janeiro: FIBGE, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geomorfologia – Série Manuais Técnicos Em Geociências**, Rio De Janeiro, 1999.

BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. Folha SC. Porto Velho (Levantamento de Recursos Naturais). Rio de Janeiro, [S.n.]. (16). 1978.

BRASIL. **Mapa de Geomorfologia da Amazônia**. Contrato IBGE/SISCEA (Projeto SIVAM). Brasília. 2006.

BRASIL. **Mapa de Solos da Amazônia**. Contrato IBGE/SISCEA (Projeto SIVAM). Brasília. 2006.

BRASIL. **Mapa de Hidrografia da Amazônia**. Contrato IBGE/SISCEA (Projeto SIVAM). Brasília. 2006.

BRASIL. **Mapa da Cobertura Vegetal da Amazônia**. Contrato IBGE/SISCEA (Projeto SIVAM). Brasília. 2006.

IGREJA H.L.S. & CATIQUE J. 1997. **Análise tectônica do lineamento Itacoatiara centro-leste do Estado do Amazonas**. In: SBG/Núcleo Brasília, Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 6, Pirinópolis-GO, Anais, 131-133.

IIAP- Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Madre de Dios - camino al desarrollo sostenible. **Propuesta de Zonificación Ecológica-Econômica como el base para el ordenamiento Territorial**. Puerto Maldonado, Peru, CTAR, 2001

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro: Departamento de recursos naturais e estudos ambientais, 1995. 104 p.

IRIONDO, M. **Geomorfologia da planície Amazônica**. In. Simpósio do Quaternário do Brasil, 4., 1982, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG, 1982. p. 323-348.

ISOTTA, C. A. L.; CARNEIRO, J. M.; KATO, H. T.; BARROS, R. J. 1978. **Projeto Província Estanífera de Rondônia**. Porto Velho: CPRM. Convênio DNPM/CPRM. 16v. il.

JENSON, S. K.; DOMINGUE, J. O. Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 54, n. 11, p. 1593-1600, Nov. 1988.

JIMÉNEZ-RUEDA, J. R.; PESSOTTI, J. E. S.; MATTOS, J. T. **Uso de sensoriamento remoto no zoneamento agroecológico da região da serra do mar no Estado de São Paulo.** In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO DE PERCEPCION REMOTA, 4., 1989, Bariloche: Anais... Bariloche, 1989, v.1, p. 135-139.

JIMÉNEZ-RUEDA, J.R.; MATTOS, J.T. **Levantamentos geoambientais e suas aplicações múltiplas: especificações e procedimentos.** Rio Claro-SP: Pós-graduação em Geociências e Ciências Exatas, 1992. (notas de aula) .

JIMÉNEZ - RUEDA, J. R. ; MATTOS, J.t. De. ; GONCALVES, J.M. ; VOLMERKE, S.. **Definição e caracterização de coberturas de alteração intempérica: O exemplo da região de São Carlos (SP).** In: V - Simpósio Sul-Americano de Geologia, 1993, Curitiba - PR. Resumos - V - Simpósio Sul-Americano de Geologia, 1993. p. 32.

JIMÉNEZ-RUEDA, J.R.; MATTOS, J.T.; OHARA, T.; CRISOSTOMO-NETO, A.P. **Proposta Metodológica para determinar o potencial de erodibilidade a partir da análise tectônica em sensores remotos.** In: Simpósio Internacional en Percepcion Remota y Sistemas de Informacion Geografia, n. 12, 2006, Cartagena. Anais: XII Simpósio Internacional en Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica, 2006.

JIMÉNEZ - RUEDA, J. R. ; MATTOS, J.t. De. ; PESSOTTI, J. E. . **Modelo para o estudo da dinâmica evolutiva dos aspectos fisiográficos dos Pantanaís.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 33, p. 1763-1773, 1998.

JIMÉNEZ-RUEDA, J.R.; NUNES, E.; MATTOS, J.T. **Caracterização fisiográfica e morfoestrutural da folha São Jose de Mapibu - RN.** Geociências, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 481-491, 1993.

JUNIOR, J.A.S. **Propriedades e fatores ambientais na definição de projetos de traçado de rodovias com o uso de sensoriamento remoto e geoprocessamento.** 2002. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2002.

KATO, H.T; COSTA, E.G DA; SOUZA, R.S. **Projeto Centro Leste de Rondônia,** Convenio DNPM/CPRM . Nota Explicativa. Porto Velho, CPRM, 1983.

KLOOSTERMAN, J.B. **Uma província do tipo nigeriano no sul da Amazônia.** *Rev. Engenharia, Mineração e Metalurgia.* v. 47, n. 278,. fev. 1968. p. 59-64, Rio de Janeiro, 1968.

KERVYN, F. Modelling topography with SAR interferometry: illustrations of a favourable and less favourable environment. **Computers & Geosciences,** v. 27, n. 4, p. 1039-1050, Nov 2001.

LATRUBESSE, E. M. E RODRIGUES, L. **Geomorfologia do Estado de Rondônia.** In: PLANAFLORO/DHV, Diagnóstico Sócio Econômico – Ecológico do estado de Rondônia, Zoneamento Sócio–Econômico- Ecológico de Rondônia – ZSEE-RO, volumes 1 a 16. Governo de Estado De Rondônia, Porto Velho, 1998.

LEAL, J.W.L; SILVA, G.H; ABREU, A.S; LIMA, M.I.C. **Granito Serra da Providência.** In: Congresso Brasileiro d Geologia, 29. Ouro Preto, 1976. Anais SBG, 19764 v. 59-74 p.

LEAL, J. W. L.; SILVA, G. F.; SANTOS, D. B. dos; TEIXEIRA, W.; LIMA, M. I. C. de; FERNANDES, C. A . C.; PINTO, A . do C. 1978. **Geologia.** In: BRASIL. DNPM. Projeto RADAMBRASIL. Folha SC. Porto Velho. Rio de Janeiro, [S.n.]. p. 17 - 184. (Levantamento de Recursos Naturais, 16). 1978.

LEITE, M. **Conversão de Floresta Tropical em Pastagem e Sua Influência no Balanço Hídrico da Região de Ji-Paraná, Rondônia.** Relatórios do Projeto LBA, 2004.



LIMA M.I.. **Lineamentos estruturais na sequência cenozóica Solimões e suas relações com o Cráton Amazônico e a Bacia do Alto Amazonas.** In: SBG, Cong. Brás. Geol., 35, Belém, 1988. *Anais*, 6:2396-2406. Belém, 1988.

LIMA, M.I.. **Introdução à Interpretação Radargeológica.** Rio de Janeiro, IBGE, 1995

LOCZY, L.; LADEIRA, E.A. **Geologia estrutural e introdução à geotectônica.** Ed. Edgard Blucher, Rio de Janeiro, CNPq, 1980, 134p.

MADRUCCI, V; ARAUJO, C.C.; TAIOLI, F. **Sensoriamento remoto, aerogeofísica e geoprocessamento aplicados ao estudo de aquífero fraturado em terreno cristalino, leste do Estado de São Paulo.** Revista Brasileira de Geociências, v. 33 (2), p.43-52, jun 2003.

MADRUCCI, V; VENEZIANI, P; PARADELLA, W.P. **Estudo Estrutural através da interpretação de imagens TM-Landsat 5 e sua associação com mineralizações auríferas em Alta Floresta, Mato Grosso.** In: Contribuições a Geologia da Amazônia – Volume 3. Belém:SBG-Núcleo Norte, 2002. p. 215-226.

MATTOS J.T.; BALIEIRO M.G.; SOARES P.C.; BARCELLOS P.E.; MENESES P.R.; CSORDAS S.M. **Análise morfoestrutural com uso de imagens MSS-Landsat e Radar para pesquisa de hidrocarbonetos no estado de São Paulo.** São José dos Campos, INPE, RTR/015,1982, 167p.

MATTOS J.T.; **Caracterização do Comportamento Geológico-estrutural na Região da Represa de FURNAS ( Minas Gerais ), com dados de Sensoriamento Remoto.** Tese de Doutorado em Geociências - Geologia Geral e Aplicada. USP. Sao Paulo, 1986.

MATTOS, J. T. de ; OHARA, T. . **Estilo e estruturas associadas às zonas de cisalhamento da região da Represa de Furnas, caracterizados em imagens LANDSAT.** In: Simpósio Latino Americano de Sensoriamento Remoto; IV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto; VI Reunion Plenária Selper, 1986, Gramado, 1986.

MATTOS, J. T. de ; VENEZIANI, P. ; SAMPAIO, O. S. . **Estudos de fraturamentos para pesquisa de água subterrânea no Estado de Sergipe com produtos de sensoriamento remoto.** In: Simpósio Latino Americano de Sensoriamento Remoto; IV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto; VI Reunion Plenária Selper, 1986, Gramado, 1986.

MATTOS, J. T. de ; OHARA, T. ; VENEZIANI, P. ; ALVES, D. S. **O uso do Sistema de Infomações Geográficas (SGI) na geologia - Uma abordagem metodológica.** In: V Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1988, Natal, 1988.

MATTOS, J. T. de ; RUEDA, J R J ; OHARA, T. . **Análise Integrada do Meio Físico com Subsídio ao Planejamento de Aplicações para Múltiplos Usos .** Revista Geosul (UFSC), FLORIANÓPOLIS, v. 14, p. 540-545, 1988.

MATTOS, J. T. de ; JIMÉNEZ-RUEDA, J. R. ; MALAGUTTI FILHO, W. . **Utilização integrada de técnicas geométricas e de sensoriamento remoto na avaliação ambiental de um área com intensa atividade industrial sucro-alcóoleira.** In: I Congresso da Sociedade Brasileira de Geofísica, 1989, Rio de Janeiro, 1989

MATTOS, J. T. de . **Evidências fisiográficas e feições paleogeográficas em Imagens Orbitais TM-Landsat na definição de modelos tectoe estruturais regionais.** In: IV Simpósio Latinoamericano de percepção Remota, 1989, Bariloche, 1989.

MATTOS, J. T. de; RIEDEL, P. S.; RUEDA, J R J. **Estudo das coberturas de alterações de parte do Centro-Leste Paulista através de dados de Sensoriamento Remoto.** In: IV Simpósio Latinoamericano em Pecepção Remota, 1989, Bariloche, 1989.

MATTOS, J. T. de; OHARA, T.; JIMENES RUEDA, J.R. **Caracterização de estágios de meteorização de maciços rochosos através de índices pedogeoquímicos relativados e propriedades morfo-anisotrópicas, obtidas com TM/LANDSAT E spot.** In: SIMPÓSIO Latinoamericano de Percepción Remota, 5 Cuzco, Peru, 1991.

MATTOS, J. T. de ; VEDOVELLO, R. . **Compartimentação fisiográfica para Zoneamento Geotécnico através de Sensoriamento Remoto Orbital.** In: 37º Congresso Brasileiro de Geologia, 1992, São Paulo, 1992.

MATTOS, J.t. De. ; RUEDA, J. R. J / JIMÉNEZ - RUEDA, J. R.. **Critérios para análise de Meio Físico quando se associam dados de Sensoriamento Remoto e Pedogeoquímica relativos..** In: VI - Simpósio Latino Americano de Percepcion Remota, 1993, Cartagena - Colômbia. Caderno de Resumos - VI - Simpósio Latino Americano de Percepcion Remota, 1993.

MATTOS, J. T. de. **Técnicas de Mapeamento Geológico por Sensoriamento Remoto.** UNESP rio Claro, 1996 (Material Didático). Inédito.

MATTOS, J.T.; JIMÉNEZ-RUEDA, J.R.; OHARA, T.; MENDES, M.L. de B.; SANTANA, M.A. **Critérios para mapeamento de classes a erosão de solos em imagem TM-Landsat.** In: SIMPÓSIO Latinoamericano de Percepción Remota, n. 9, 2002, Cochabamba- Bolívia. Anais IX Simpósio Latinoamericano de Percepción Remota. Cochabamba:SELPER, 2002. CD-ROM.

MATTOS, J. T. de ; PRATA, B. L. **Integração de Dados Climatológicos e de Vazão de Poços Visando Estudo de Água Subterrânea em parte do Vale do Paraíba e das serras do Mar e Mantiqueira-SP.** In: XVI Congresso de Iniciação Científica da Unesp, 2004, Ilha Solteira - SP - Brasil. Anais do XVI Congresso de Iniciação Científica da Unesp, CD-ROM, 2004.

MATTOS, J. T. de ; OHARA, T. ; SANTANA, M. A.. **Uso de Sensoriamento Remoto Orbital para Avaliação do Comportamento Estrutural na Estabilidade de Taludes.** Revista Brasileira de Geociências, São Paulo - SP, v. 35, n. 2, p. 1-8, São Paulo, 2005.

MATTOS, J.T. **Sensoriamento Remoto Aplicado a Mapeamentos Geoambientais.** 2007. Notas de aulas de pós-graduação.

MATTOS. J. T. De; PUPIM, F.N.; JIMÉNEZ-RUEDA, J.R; CAETANO, N.R.; COELHO, J.O.M.; MOURA, C. A.; DAITX, E.C.. **Zoneamento Geoambiental da região de Campo Grande-MS a partir da interpretação de imagens orbitais ETM+/Landsat-7: base para o planejamento ambiental.** Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, INPE, 2007. p. 5365-5372.

MATTOS, J. T. de; ROSSINI, D. S.; JIMÉNEZ-RUEDA, J. R. ; NASCIMENTO, E. E. D. J. **Sensoriamento Remoto para o Estudo da Definição do Traçado de Obras Enterradas-Multidutos..** In: XIII Simpósio da Sociedad Latinoamericana de Percepcion Remota Y Sistemas de Informacion Espacial, 2008, Havana. Anais De Xiii Simpósio de Sociedad Latinoamericana de Percepcion Remota Y Sistemas de Informacion Espacial. Havana : Unaicc, 2008.

MATTOS, J. T. de; ROSSINI, D. S.; JIMÉNEZ-RUEDA, J. R. ; NASCIMENTO, E. E. D. J. **Unidades Geoambientais: Uso de Imagens SRTM-NASA para Estudo de Vulnerabilidade do Meio Físico..** In: XIII Simpósio da Sociedad Latinoamericana de Percepcion Remota Y Sistemas de Informacion Espacial, 2008, Havana. Anais De Xiii Simpósio de Sociedad Latinoamericana de Percepcion Remota Y Sistemas de Informacion Espacial. Havana : Unaicc, 2008.

MEDEIROS, J.S.; CÂMARA, G. **Geoprocessamento para projetos ambientais.** In: Câmara, G. Davis, C.; Monteiro, A.M.V. (Eds.). Introdução a Ciência da Geoinformação, 2003. cap 10.

- MENDES, W. **Vulnerabilidade dos solos do Brasil à erosão**. Revista Brasileira de Geografia, ano 44, n. 3, 1982. p. 415-445.
- MILLER, K. **Em Busca de um novo Equilíbrio. Diretrizes para aumentar as oportunidades de conservação da biodiversidade por meio do manejo regional**. Brasília, IBAMA, 1997.
- MIRANDA, F. P. **Sistemática de interpretação de dados de sensoriamento remoto na prospecção de hidrocarbonetos**. 1984. 151 p. (INPE-3087-TDL/162) Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1984.
- MIRANDA, F. P.; BENTZ, C. M.; FONSECA, L. E. N.; LIMA, C. C.; COSTA, A. R. A.; NUNES, K.C.; FELGUEIRAS, C. A.; ALMEIDA FILHO, R. **Integração de dados de sensoriamento remoto, aeromagnetometria e topografia na definição do arcabouço estrutural da região do Rio Uatumã (Bacia do Amazonas)**.
- MIRANDA, F. P.; BOA HORA, P. P. Morphostructural analysis as an aid to hydrocarbon exploration in the Amazonas Basin, Brasil. **Journal of Petroleum Geology**, v. 9, n. 2, p. 163-178, Apr. 1986.
- MONTEIRO, C. A. de F. **Geossistema: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto (Coleção Novas Abordagens, n.3), 2000.
- MONTEIRO, C. A. F. Os **Geossistemas como elemento de integração na síntese geográfica e fator de promoção interdisciplinar na compreensão do ambiente**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1995.
- MORAIS, P.R; CAMPOS, J.C.V. **Mapa Hidrogeológico do Estado de Rondônia, escala 1:1.000.000, CPRM, Porto Velho, 1998**.
- MORSELLO, C. **O processo de seleção de unidades de conservação públicas e privadas: teoria e prática brasileira**. In: MORSELLO, C. Áreas Protegidas Públicas e Privadas. São Paulo: Anablume/Fapesp.
- MORALES, N. **Neotectônica em ambientes Intraplaca: Exemplos da região Sudeste**. IGCE/UNESP (Tese de Livre-Docência). Rio Claro, 2005. 201 p.
- MORISAWA, M. **Tectonics and geomorphic Models**. In: Theories of landform development. G. Allen & Unwin, London. 1975. p.199-219.
- MORISAWA, M. **Rivers - Form and Process**. Geomorphology Texts – 7. Longman, London and New York, edited by K.M. Clayton. 1985. 222p.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION - NASA. United States Geological Survey (USGS). **Shuttle radar topography mission data (SRTM)**. Sioux Falls: USGS, 2000. Disponível em: <<http://seamless.usgs.gov/website/seamless/viewer.php>>.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION - NASA. Jet Propulsion Laboratory. **SRTM: Shuttle Radar Topography Mission**. California, 2006. Disponível em : <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/> Acesso em 20 maio 2006.
- OHARA, T. **Zoneamento Geoambiental da Região do Alto-Médio Paraíba do Sul/SP com sensoriamento remoto**. 1995. 235 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1995.
- OHARA, T.; JIMÉNEZ-RUEDA, J.R.; MATTOS, J.T. de; CAETANO, N.R. **Zoneamento Geoambiental da região do alto-médio rio Paraíba do Sul e a carta de aptidão física para a implantação de obras viárias**. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 173-182, jun. 2003.

OKIDA, R. **Técnicas de sensoriamento Remoto como subsídio ao zoneamento de áreas sujeitas a movimentos gravitacionais de massa e a inundações.** Dissertação(Mestrado em sensoriamento Remoto) – INPE. São José dos Campos, 1996. 147 p.

OKIDA, R. ; VENEZIANI, P. . **Previsão de ocorrência de acidentes com a utilização de mapa de áreas sujeitas a movimentos gravitacionais de massa: região de Caraguatatuba,** São Paulo. In: 39 Congresso Brasileiro de Geologia, 1996, Salvador. Boletim de Resumos Expandidos. Salvador : SBG, 1996. v. 4. p. 260-264.

O'LEARY, D. W.; FRIEDMAN, J. D.; POHN, H. A. Lineament, linear, lineation: Some proposed new standards for old terms. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 87, n. 9, p. 1463-1469, Jun 1976.

OLIVEIRA, C. G. **Avaliação de modelos digitais de elevação gerados a partir de sensores remotos orbitais óptico (ASTER) e radar (RADARSAT-1, SRTM): um estudo para a região da Serra do Carajás (PA).** 2005. 184 p. (INPE-13168- TDI/1027) Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2005.

OLIVEIRA, A. M. dos Santos.; BRITO, S. N. A. de. (Org). **Geologia de Engenharia.** São Paulo: ABGE, 1998.p. 475-485.

OLIVEIRA, I. S. D.; SOUZA, M. P. S. **A contribuição do Zoneamento Ambiental para o Estudo de Impacto Ambiental.** In: ESPINDOLA, E. L. G.; WENDLAND, E. (Org.). PPG-SEA Trajetórias e Perspectivas de um curso multidisciplinar. São Carlos: RiMa, 2005. p.137-154. .

OLIVEIRA, P.J. de; ROCHA E.J.P da; FISCH, G.; KRUIJT, K.; RIBEIRO, J.B.M. **Efeitos de um evento de Friagem nas Condições Meteorológicas Na Amazônia: Um Estudo De Caso.** Acta Amazônica 619 VOL. 34(4) 2004: 613 – 619

OLIVEIRA, W. J.; MATTOS, J. T.; JIMÉNEZ-RUEDA, J. R. **Contribuição para o mapeamento geológico da região Sudeste do Estado de Rondônia através de uma sistemática de estudo usando dados de satélite.** In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO DE PERCEPCION REMOTA, 4º., 1989, Anais... Bariloche: SELPER, 1989, p. 543-547. v.1.

OLIVEIRA, E. P. de. **Reconhecimento geológico do noroeste de Mato Grosso.** In: Expedição Científica Roosevelt Rondon. Comissão de Linhas Telegráficas do Mato Grosso, nº 50. Rio de Janeiro, 1915-1918. p. 58-78.

PENCK, W. **Morphological analysis of landforms: a contribution to physical geology.** London: MacMillan, 1953.

PENTEADO, M.M. **Fundamentos de Geomorfologia.** 3ª. Edição. Rio de Janeiro, IBGE, 1983. 186 p.

PINTO FILHO, F.P. FREITAS, A,F; MELO, C.F, ROMANINI, S.J. **Projeto Sudeste de Rondônia, Relatório Final.** Convenio DNPM/CPRM, 1977.

PIOANI. K. E RICHTER, B. **Paisagens funcionais e Conservação da Biodiversidade. Documento de Trabalho em Ciências da Conservação.** N. 1. The nature Conservancy – TNC 1999.

PLANAFLORO/DHV, **Diagnóstico Sócio Econômico – Ecológico do estado de Rondônia, Zoneamento Sócio-Econômico- Ecológico de Rondônia – ZSEE-RO,** volumes 1 a 16. Governo de Estado De Rondônia, Porto Velho, 1998.

PORT, C e LOURENÇO, M. **Planejamento Estratégico de Unidades de Conservação. Recomendações.** IBAMA/PNMA, Brasília, 1998.

PROJETO ABRACOS, **Clima na Reserva Biológica do Jaru**, In: Dados Climatológicos de Rondônia, Planaflo, 1998.

PUPIM, F. do N.; JIMÉNEZ-RUEDA, J. R.; MATTOS, J. T. de. **Caracterização do Potencial Natural de Erodibilidade Através da Sistemática Morfoestrutural e Morfotectônica Aplicada A Obras Lineares – Dutovias**. 4º. PDPETRO, Campinas, SP 3.1.0169.1 – 9: 21-24 de Outubro de 2007. Copyright c 2007 ABPG .

QUADROS, M.L.E.S., SILVA FILHO E.P., REIS M.R., SCANDOLARA J.E. **Considerações preliminares sobre a evolução dos sistemas de drenagens dos rios Guaporé, Mamoré e Madeira, Estado de Rondônia** In: SBG/Núcleo Norte, Simpósio de Geologia da Amazônia, 5, Belém, Anais, 242-245. 1996

RAMALHO FILHO, A, PEREIRA E.G. e BEEK, K.J. 1978. **Sistema de avaliação de aptidão agrícola da terras**. Ministério de Agricultura, SUPLAN, SNCLS-EMBRAPA, (agora CNPS-EMBRAPA), Brasileira, D.F. 70 Pp.

REPÚBLICA DE BOLÍVIA. Ministério de Desarrollo sostenible y Planificación. Planificación – **Guía Metodológico para la formulacion de los Planes Departamentales de Ordenamiento territorial**. BID/UOT/GTZ. La Paz, 2001.

RICCOMINI, C.; GIANNINI, P. C. F.; MANCINI, F. **Rios e Processos Aluviais**. In: TEIXEIRA, W. et al. (Org.). Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. p. 191-214.

RIEDEL, P. S. ; RODRIGUES, J. E.; MATTOS, J. T. de; MAGALHAES, F. S. . **A influência das estruturas geológicas em instabilidades de taludes de corte em saprolitos - uma abordagem regional..** Revista Solos e Rochas, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 139-147, 1995.

RIVEREAU, J.C. **Curso de fotointerpretação: notas de aulas**. Série Didática. Brasília, Departamento de Geociências - UNB, n. 4, 1972, 128p.

RIBEIRO P.S.E., Villas Boas P.F., Frasca A.A.S. Granito São Romão. Relatório Integrado 1:500.000. In: Folhas SC.21-V-D, SC.21-X-C, SC.21-ZA e SC.21-Z-B. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Brasília, 2005. CD-ROM

RIZZOTO, G.J. **Petrologia e Ambiente Geotectônico do Grupo Nova Brasilândia-RO**. Porto Alegre, UFRGS, Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Geociências, 1999.

RIZZOTTO G.J., QUADROS M.L.E.S., BAHIA R.B.C., FERREIRA A.L., LOPES R.C., CORDEIRO A.V. **Folha SC.21-Juruena**. In: Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas - SIG. Programa Geologia do Brasil. CPRM, Brasília. 2004.CD-ROM.

RIZZOTTO G.J., QUADROS M.L.E.S. **Geologia do Sudoeste do Cráton Amazônico**. In: A.M.C. Horbe & V.da S. Souza (ed.) Contribuição à Geologia da Amazônia, volume 4, Manaus, SBG - Núcleo Norte, 2006. p. 69 – 84.

RODRIGUES, C. **A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais**. Revista do Departamento de Geografia, n. 14, São Paulo, 2001.

RODRIGUES, R.M. **Estudo e caracterização do meio físico da bacia do Rio Camboriú/SC, visando zoneamento geoambiental**. 2000, 73 f. Tese (Doutorado em Geologia Regional). Orientador: Mattos, J.T. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

ROMERO, M. et al. **Ecosistemas de la cuenca del Orinoco Colombiano**. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2004. 189 p.

RONDÔNIA /SEDAM / PLANAFLORO. **Diagnóstico Sócio-Econômico-Ecológico do Estado de Rondônia e Assistência Técnica para Formulação da Segunda Aproximação do Zoneamento Sócio-Econômico-Ecológico**. Planafloro Volume 1- 16., Porto Velho, 1998.

RONDÔNIA. Seplan/Planafloro/Pnud. **As Unidades de Conservação de Rondônia**. Porto Velho, 1998.

RONDÔNIA/SEDAM. **Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira**, In: Dados Climatológicos de Rondônia, Planafloro, 1998.

ROOS, J.L.S..**Geomorfologia, Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Contexto, 1991.

ROSS, J. L. S.. **Relevo Brasileiro: Planaltos Planícies e Depressões**. In: Anna Fanny Carlos. (Org.). *Novos caminhos da Geografia*. São Paulo: Contexto, 1999.

ROSS, J. L. S. **Os Fundamentos da Geografia da natureza**. In: *Geografia do Brasil*. 2ª. Edição. São Paulo: Edusp, 1998. v. 1. P. 13-65.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia, Depto Geografia, FFLCH, USP; Laboratório de Cartografia Geotécnica, Geologia Aplicada, IPT; FAPESP, 1997. 1 mapa color., Escala 1:500.000. v.1 e v.2.

ROSS, J.L.S. **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados**. In: *Revista do Departamento de Geografia*, n. 8. São Paulo: USP, 1994.

SAADI A.. **Neotectônica da Plataforma Brasileira: esboço e interpretações preliminares**. *Geonomos, Belo horizonte*, 1:1-15. 1993.

SAADI A.. **Modelos Morfogenéticos e tectônica Glogal: Reflexões Conciliatórias**. *Geonomos, Belo horizonte*, 6 (2): 55-63. 1998

SAADI, A. **Importância da Neotectônica na morfogênese do leste e do sul de Minas Gerais**. In: CONGR. ABEQUA, 2, Rio de Janeiro, Anais...Rio de Janeiro, IG/UFRJ, 1989.

SAADI, A. – **Neotectônica e Análise Morfotectônica**. Apostila. Sociedade Brasileira de Geologia – Núcleo de Minas Gerais / UFMG. Belo Horizonte – MG. 1998. 27 pp + figuras.

SANTOS J.O.S., HARTMANN L.A., FARIA M.S.G. de, RIKER S.R.L., SOUZA M.M.de, ALMEIDA M.E., MCNAUGHTON N.J.. **A Compartimentação do Cráton Amazonas em Províncias: Avanços ocorridos no período 2000-2006**. In: SBG-Núcleo Norte, Simpósio de Geologia da Amazônia, 9, Belém, 2006 CD-ROM.

TASSINARI C.C.G., MACAMBIRA M.J.B.. **A evolução tectônica do Cráton Amazônico**. In: Mantesso-Neto V., Bartoreli A., Carneir C.D.R., Brito-Neves B.B. de (eds.) *Geologia do Continente Sul-Americano - Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Ed. Beca, 2004 p. 471-485.

SILVA, A. R. da; PRATA, B.L; MATTOS, J.T.. **Análise dos Atributos Espaciais de Dados de Sensoriamento Remoto na Caracterização de Zonas de Captura, Circulação e Concentração de Água Subterrânea em parte do Vale do Paraíba e Regiões Serranas**. Anais do II Simpósio Brasileiro de Exploração Mineral – IISIMEXMIN / 2006. Inst. Geociências – Universidade Federal de Minas Gerais, Ouro Preto. 2006.

SILVA, A. R. da ; MATTOS, J. T. de. **Mapeamento Geoambiental para definição de zonas de aquífero subterrâneos**. In: 8º Simpósio de Iniciação Científica e Tecnológica, 2006, São Paulo. Anais do 8º Simpósio de Iniciação Científica e Tecnológica. São Paulo - SP : FATEC - SP, 2006. v. BT/21. p. 60-60

SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA - SBG. **Contribuição à geologia da Amazônia**. Coordenadores: Nelson Joaquim Reis e Marcos Antonio Soares Monteiro. Manaus. Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Norte, 2001. p. 25-56.

SCANDOLARA J.E., RIZZOTTO G.J., AMORIM J.L. 1996 b. **Principais elementos mega-estruturais relacionados a evolução proterozóica do segmento sudoeste do Cráton Amazônico**. In: SBG, Cong. Brás. Geol., 39, Salvador, *Anais*, 1:417-419.

SCANDOLARA J. **A tectônica de Rondônia e adjacências: esboço preliminar e aspectos evolutivos**. SBG Núcleo Nove VI Simpósio de Geologia da Amazônia. Manaus, 1999. Bol. Resumos Expandidos, 255-258, Manaus, 1999.

SCANDOLARA, J.E. (coord.) et al. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Rondônia: texto explicativo e Mapa Geológico do Estado de Rondônia**, escala 1:1.000.000. CPRM, Porto Velho, 2000.

SCANDOLARA, J.E.; AMORIM, J.L. de; QUADROS, M. L do E.S; BAHIA, R; **A Evolução Geológica do Sudoeste do Cráton Amazônico – O Estado de Rondônia e adjacências**. CPRM, Serviço Geológico do Brasil. Porto Velho, 1999.

SEDAM. **Atlas Geoambiental de Rondônia**, L. C. Fernandes, S. Cristina P. Guimarães, (coordenadores), Porto Velho, 2001.

SEDAM. **Boletim Climatológico de Rondônia – 2005**. Porto Velho, SEDAM/RO, 2005. 20p.

SEDAM. **Zoneamento Sócio-Econômico-Ecológico de Rondônia – ZEE-RO. Mapas de Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Aptidão Agrícola e Hidrografia**. Porto Velho, 2003.

SHIMBO, J.Z. **Zoneamento Geoambiental como um dos instrumentos para o planejamento da região do Pastão no assentamento rural Pirituba, município de Itapeva, SP**. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Ecologia) - Instituto de Biociências - UNESP - Rio Claro, 2003.

SHIMBO, J. Z.; JIMÉNEZ-RUEDA, J. R. **Caracterização ecogeodinâmica da região sul do município de Itapeva, SP**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 7., 2003. Boletim de Resumos. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 2003. p. 98.

SHIMBO, J.Z. **Zoneamento Geoambiental como subsídio aos projetos de Reforma Agrária. Estudo de Caso: Assentamento Rural de Pirituba II (SP)**. Unesp Rio Claro. ICGE (Tese de Doutorado) Rio Claro, 2006.

SHIMBO, J. Z. ; RUEDA, J. R. J / JIMÉNEZ - RUEDA, J. R.. **Percepción remota aplicada al zoneamiento geoambiental em asentamientos rurales del Brasil**. In: XII SIMPÓSIO Internacional en Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica, 2006, Cartagena. XII SIMPÓSIO Internacional en Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica, 2006.

SILVA, A. R. da ; MATTOS, J. T. de; ROSSINI, D. S.. **Sensoriamento Remoto para Estudo de Recursos Hídricos Subterrâneos na Bacia do Paraíba do Sul, Utilizando Mapeamento Geoambiental**. In: 1º Simpósio de Recursos Hídricos, 2008, Rezende. Anais do 1º Simpósio de Recursos Hídricos, 2008. V. CD-ROM.

SIPAM, Sistema de Proteção da Amazônia - **Boletim Climático de Rondônia** - Centro Técnico e Operacional De Porto Velho. Coordenação de Operações Integradas. Divisão de Meteorologia e Climatologia, 2007.

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação: **texto da Lei 9.985 de 18 de julho de 2000 e vetos da presidência da República aprovado pelo congresso**

**Nacional.** - São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 2001.

SOARES P.C., LUZ M.E.R., REDAELLI R., GUERRA S.M.S. **Análise morfoestrutural em fotos aéreas: aplicação na prospecção de hidrocarbonetos na bacia do Paraná.** In: SIMPÓSIO Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2, 1982, São Jose. Anais do II Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 1, 1982.p.157-168.

SOARES, P. C.; FIORI, A. P. **Lógica e sistemática na análise e interpretação de Fotografias aéreas em geologia.** Notícias Geomorfológicas. Campinas, v. 6, n.32, 1976, p.71-104. .

SOARES, P.C.; FIORI, A.P.; MATTOS, J.T. de. **A lógica de interpretação de fotografias aéreas convencionais aplicadas a imagens de satélite.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1978. São José dos Campos, anais CNPq/INPE 1978, volume 2, págs. 616-627.

SOBREVILA, C; BATH, P. **Evaluacion Ecológica Rápida: Um manual para usuários de América Latina y el Caribe.** Ed. Preliminar. Programa de Ciências para a América Latina. The Nature Conservancy, 1992.

SOTCHAWA, V. B. **O Estudo dos Geossistemas.** São Paulo: Revista IG-USP (Cadernos Métodos em Questão), n.16, 1977.

SOTCHAWA, V. B. **Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre.** São Paulo: Revista do IG-USP (cadernos Biogeografia, n.14), 1978.

SOEIRO, R.S; MARTINS, E.G; TORRES, L. C.A. **Projeto Manganês na Serra da Providência. Convenio DNPM/CPRM, 1977.**

SOUZA FILHO P.W.M.; QUADROS, M. L. E.ES; SCANDOLARA J; SILVA FILHO, E.P. e REIS, M.R. **Compartimentação Morfoestrutural e Tectônica do Sistema Fluvial Guaporé-Mamoré-Alto Madeira, Rondônia-Brasil.** Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Geociências 29(4):469-476, Dez. 1999.

STERNBERG, H. O. **Vales tectônicos na planície Amazônica?** Revista Brasileira de Geografia, v. 12, n. 4, p. 513-533, Dez. 1950.

STRAHLER, A. N; **Dynamic basis of Geomorphology.** Geological Society of America Bulletin, v. 63, n. 9, p. 923-938, Sept 1952.

TASSINARI, C.C.G.; SIGA Jr., O.; TEIXEIRA, W. **Épocas Metalogenéticas relacionadas a Granitogêneses do Craton Amazônico.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33,1984. Rio de Janeiro. *Anais.* Rio de Janeiro:SBG, 1984. v. 6. p. 2963-2977.

TECNOSOLO, **Diagnostico Sócio Econômico – Ecológico do Estado de Rondônia, Zoneamento Sócio-Econômico- Ecológico de Rondônia – ZSEE-RO,** volumes 1 a 16. Secretária de Meio Ambiente do Estado de Rondônia, Porto Velho, 1998.

TORRES, R. B. **Contribuição ao estudo do arcabouço estrutural da área do Rio Tapajós, Bacia do Amazonas, através da análise integrada de dados de topografia, geologia, magnetometria, gravimetria e sensoriamento remoto.** 1998. 153 p. (INPE-7996-TDI/749). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1998.

TRICART, J. E CARDOSO DA SILVA, T.. **Estudos de Geomorfologia da Bahia e Sergipe.**Fund. p/ Desenvolvimento da Ciência da Bahia. Salvador , 1968. 167 p.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro, IBGE, 1975.



VEDOVELLO, R. **Zoneamento Geotécnico por Sensoriamento remoto, para estudos de planejamento do meio físico. aplicação em expansão urbana.** Dissertação de Mestrado. INPE, São Jose dos Campos, 88p. 1993.

VEDOVELLO, R. **Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental, a partir de unidades básicas de compartimentação – UBCs.** 2000. 154 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

VEDOVELLO, R. ; MATTOS, J. T. de ; OHARA, Tomoyuki . **Sensoriamento Remoto como Ferramenta de Análise do Meio Físico no Zoneamento Geotécnico Ambiental.** In: IV Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, 1999, São José dos Campos. Anais do IV Congresso de Geotecnia Ambiental. São José dos Campos : ITA, 1999.

VEDOVELLO, R.; MATTOS. J.T. de. **A utilização de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) como base para a definição de unidades geotécnicas. Uma abordagem a partir do Sensoriamento Remoto.** In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, 3. Florianópolis. CD-ROM, ABGE, 1998.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C. E. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia.** São José dos Campos: INPE, Nov 1982. 54 p.

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 de processos evolutivos.** Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. São Paulo, tese de doutoramento, 1987. 186 p.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C.E.; BETTENCOURT, J.S.; OKIDA, R. **Caracterização de movimentos tectônicos ao longo das principais linhas de fraqueza do Estado de Rondônia, com imagens TM-Landsat: resultados preliminares.** In: Congresso Brasileiro de Geologia, 39, 1996, Salvador. **Resumos Expandidos...** Salvador, 1996, v. 2, p. 455-458.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C.E.; OKIDA, R.; BETTENCOURT, J.S.; SANTOS, A.R. **Cronologia dos movimentos tectônicos em Rondônia.** In: Congresso Brasileiro de Geologia, 40, 1998. Belo Horizonte, **Resumos Expandidos.** Belo Horizonte, 1998, p.401.

ZUQUETTE, L.V. **Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras.** Tese. (Doutorado em Geotecnia) Escola de Engenharia de São Carlos – USP, São Carlos, 1993. 219 p.

ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. **Mapeamento Geotécnico: uma proposta metodológica.** Revista de Geociências, Rio Claro/SP (UNESP), v. 9, p. 55-66, 1990.