

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL NO OESTE DO RIO
GRANDE DO SUL: UM ESTUDO EM BACIAS
HIDROGRÁFICAS**

DIONARA DE NARDIN

ORIENTADOR: PROF. DR. LUIS EDUARDO DE SOUZA ROBAINA

PORTO ALEGRE, SETEMBRO DE 2009.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL NO OESTE DO RIO
GRANDE DO SUL: UM ESTUDO EM BACIAS
HIDROGRÁFICAS**

DIONARA DE NARDIN

Orientador: Prof. Dr. Luis Eduardo de Souza Robaina

Banca Examinadora:

**Prof^a. Dr^a. Nina Simone Vilaverde Moura Fujimoto
(POSGea/IG/UFRGS)**

Prof. Dr. Roberto Verdum (POSGea/IG/UFRGS)

Prof. Dr. Sílvio Carlos Rodrigues (Instituto de Geografia/UFU)

**Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Geografia como
requisito para obtenção do título de
Mestre em Geografia.**

PORTO ALEGRE, SETEMBRO DE 2009.

De Nardin, Dionara

Zoneamento geoambiental no oeste do Rio Grande do Sul: um estudo em bacias hidrográficas. / Dionara De Nardin - Porto Alegre : UFRGS/PPGEA, 2009.

[230 f.] il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS - BR, 2009.

Orientação: Prof. Dr. Luís Eduardo de Souza Robaina

1. Arenização. 2. Geomorfologia. 3. Paisagem. 4. Silvicultura. 5. Zoneamento ambiental I. Título.

Catálogo na Publicação
Biblioteca Geociências - UFRGS
Miriam Alves CRB 10/1947

Dedico este trabalho a meus familiares que sempre me apoiaram nesta caminhada, em especial, a meus pais Leonardo e Elsa, meus irmãos Leticia e Daniel e a meu amor Bernardo.

AGRADECIMENTOS

Durante a trajetória acadêmica, instituições e pessoas participaram da construção deste trabalho. A elas, agradeço imensamente o privilégio de ter compartilhado os ensinamentos e todas as inquietações, surpresas e alegrias que permeiam esta caminhada. Em especial quero agradecer:

A meus pais, pelo exemplo, apoio, compreensão e pelos incansáveis esforços demonstrados em permitir a concretização dos meus objetivos.

Aos meus irmãos, Daniel e Letícia, que compreenderam minha ausência, transformando os poucos momentos juntos em momentos de alegria.

Ao Bernardo pelo companheirismo, carinho, paciência e apoio em todos os momentos.

À Carmen pela acolhida, amizade e pelos momentos de relaxamento com o shiatsu e acupuntura, que me deram a energia para desenvolver as atividades.

Ao professor Luis Eduardo de Souza Robaina, pelo exemplo de profissionalismo, pelos conselhos e orientação para a elaboração deste trabalho. Meu respeito, admiração e profunda gratidão pelos seus ensinamentos.

Aos queridos amigos, Thiago Bazzan (que carinhosamente revisou este trabalho) e Elisabete que em Santa Maria ou em Porto Alegre, foram agradáveis companhias.

As amigas, Ana Paula, Aline e Débora pela agradável acolhida nas idas a Santa Maria e pelos diversos favores prestados.

Ao Romário, pelo auxílio nos trabalhos de campo e nas análises das amostras de solos e pelas constantes trocas sobre nossos objetos de pesquisa.

Ao biólogo Fabiano por ser tão prestativo no auxílio da identificação da vegetação.

À Prof^a. Dr^a. Cátia Wankler, que gentilmente revisou este trabalho.

À Prof^a. Dr^a. Nina S. V. M. Fujimoto e ao Prof. Dr. Roberto Verdum pelas valiosas contribuições ao trabalho, com a participação na banca de qualificação.

Aos demais professores do curso de Pós-Graduação, por compartilharem suas experiências e seus conhecimentos durante as disciplinas.

Aos colegas do Mestrado pelo agradável convívio durante o curso, em especial ao Alexandre e à Vanessa que se mostraram grandes amigos após o término das disciplinas.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela oportunidade da realização do mestrado, em uma instituição pública e de qualidade.

Ao Programa de Pós-Graduação, na pessoa da secretária Zélia Silva Zaghetto, pela sua atenção ao esclarecer as dúvidas pertinentes.

À Universidade Federal de Santa Maria, sobretudo na pessoa do técnico Renato Oliveira da Costa, pelos ensinamentos e auxílio nas análises de solo.

Aos demais colegas e professores do Laboratório de Geologia Ambiental da UFSM, pela amizade, apoio e contribuições ao longo desses seis anos de convivência.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão de auxílio financeiro.

*(...) Morre lentamente, quem abandona um projeto antes de iniciá-lo,
não pergunta sobre um assunto que desconhece
ou não responde quando lhe indagam sobre algo que sabe.*

*Evitemos a morte em doses suaves,
recordando sempre que estar vivo exige um esforço muito maior
que o simples fato de respirar.*

*Somente a perseverança fará com que
conquistemos um estágio pleno de felicidade.*

Morre Lentamente - Pablo Neruda

DE NARDIN, Dionara. **Zoneamento Geoambiental no oeste do Rio Grande do Sul: um estudo em bacias hidrográficas**. 2009, 225p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRGS, Porto Alegre.

A presente dissertação tem como tema o zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas afluentes do Rio Ibicuí, no sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, que sofreram intensas transformações, sobretudo, a partir das últimas décadas com a intensificação dos processos erosivos e a incorporação de espécies exóticas nas áreas com processo de arenização. De forma a contemplar a temática proposta, o principal objetivo do trabalho é desenvolver um zoneamento geoambiental, que permita avaliar e diagnosticar as potencialidades e fragilidades da paisagem frente aos elementos geomorfológicos e aos usos da terra. A metodologia empregada inclui mapeamentos temáticos com o auxílio de SIGs (Sistemas de Informação Geográfica), trabalho de campo e laboratório que servem de base para o zoneamento geoambiental. Essas bases refletem uma condição climática, geomorfológica e de uso e ocupação, favoráveis ao desencadeamento de processos erosivos intensos, sendo que o substrato litológico mais suscetível para o desenvolvimento das manchas de areia e voçorocas na área de estudo são os arenitos de origem fluvial da Formação Guará. As características das bacias demonstram um padrão de drenagem retangular, revelado por controles estruturais preferenciais na direção NE e NW, e E-W que ocasiona contatos retos e mudanças abruptas dos cursos. Os dados levantados indicam, ainda, que o zoneamento geoambiental comporta uma hierarquia de seis sistemas e nove unidades com características potenciais e limitantes para cada compartimento da paisagem. As zonas de maior fragilidade ocorrem no Sistema Sanga da Areia, e são indicadas pelas unidades formadas por colinas arenosas onde se desenvolvem com frequência areais e voçorocas. É neste sistema que estão sendo identificados os primeiros plantios de espécies arbóreas exóticas, realizados por empresas de madeira e celulose. Verificou-se ainda, intensa transformação imposta pelas atividades antrópicas, sobretudo com as lavouras de arroz nas várzeas, o que alterou as drenagens e os solos e degradou a vegetação, trazendo sérias limitações para o Sistema Manoel Viana e Sistema Ibicuí. Entre as unidades com potencialidades destaca-se a contribuição da vegetação, onde se sugere, de imediato, devido às pressões das monoculturas, a preservação da unidade butiá-anão, espécie endêmica do Bioma Pampa.

Palavras – chave:

Paisagem – Bacias Hidrográficas – Arenização – Geomorfologia – Usos da Terra e Zoneamento Geoambiental.

ABSTRACT

DE NARDIN, Dionara. **Geoenvironmental Zoning in the west of Rio Grande do Sul: A study on Hydrographic Basins**. 2009, 225p. Dissertation (Mastership in Geography) – Geography Post Graduation Program, UFRGS, Porto Alegre.

The following dissertation has as a theme the geoenvironmental zoning of hydrographic basin affluents of the Ibicuí River, in the southwest of Rio Grande do Sul state, that have suffered intense transformations, above all, from the last decades with the intensification of the erosive processes and the incorporation of exotic species in the areas with process of *arenização*. Aiming to contemplate the given thematic, the paper's main objective is to develop a geoenvironmental zoning, that allows evaluation and diagnosis of the potentialities and fragilities of the landscape face to the geomorphology elements and the uses of the land. The methodology used includes thematic mappings with the aid of SIGs (Geographic Information Systems), field and laboratory works that serve as basis for the geoenvironmental zoning. These basis reflect a climatic, geomorphologic, usage and occupation condition, favorable to the unleash of intense erosive processes, considering that the lithified substrate more susceptible for the development of the sand stains and gully erosion in the area of study are the sandstones of fluvial origin from the Guará Formation. The characteristics of the basins demonstrate a rectangular pattern of drainage, revealed by preferential structural controls in the direction NE and NW, and E-W that gives rise to straight contacts and abrupt changes of the courses. The data collected indicates yet that the geoenvironmental zoning supports a hierarchy of six systems and nine units with potential and limiting characteristics for each compartment of the landscape. The zones of higher fragility occur in the Sanga da Areia System, and are indicated by the units formed by sandy hills where sand flats and gully erosion are frequently developed. It is in this system that the first plantings of exotic arboreal species are being identified, made by the companies of wood and cellulose. It was also verified intense transformation imposed by anthropic activities, especially with the planted grounds of rice in the dales, which altered the drainages and the soils, and degraded the vegetation, bringing serious limitations for the Manoel Viana and Ibicuí Systems. Among the areas with potentialities stands out the contribution of the vegetation, where it is immediately suggested, due to the pressure of monocultures, the preservation of the *butiá-anão* unity, endemic species of the Pampa Biome.

Key-words:

Landscape – Hydrographic Basin – Arenização – Geomorphology – Uses of the Land and Geoenvironmental Zoning.

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Localização das Bacias Hidrográficas nos municípios de São Francisco de Assis e Manoel Viana.</i>	24
<i>Figura 2: Etapas da metodologia e dos procedimentos operacionais adotados na proposta de Zoneamento Geoambiental.</i>	61
<i>Figura 3: Desenho esquemático para identificação dos tipos de vertentes.</i>	69
<i>Figura 4: Localização das estações meteorológicas da aérea de estudo.</i>	71
<i>Figura 5: Classificação das classes texturais dos solos.</i>	72
<i>Figura 6: Imagens do Landsat 5 TM usadas na classificação com indicação da órbita ponto.</i>	76
<i>Figura 7: Esquema dos documentos levantados e desenvolvidos para o Zoneamento Geoambiental.</i>	79
<i>Figura 8: Bacias Hidrográficas que compõem a área de estudo.</i>	85
<i>Figura 9: Mapa da rede de drenagem da área de estudo.</i>	86
<i>Figura 10: Mapa hipsométrico da área de estudo.</i>	89
<i>Figura 11: Mapa de declividade da área de estudo.</i>	90
<i>Figura 12: Localização dos perfis transversais nas bacias hidrográficas.</i>	94
<i>Figura 13: Compartimentação do relevo das bacias hidrográficas.</i>	102
<i>Figura 14: Porções aflorante dos derrames de rochas vulcânicas.</i>	104
<i>Figura 15: Croqui representativo das litologias presente nas bacias hidrográficas.</i>	108
<i>Figura 16: Exemplos de paisagens relacionadas com as litologias das bacias.</i>	110
<i>Figura 17: Perfil litológico esquemático evidenciando o Alto do Miracatu.</i>	111
<i>Figura 18: Distribuição das litologias nas bacias hidrográficas.</i>	112
<i>Figura 19: Distribuição simplificada dos solos nas bacias hidrográficas.</i>	114
<i>Figura 20: Perfis e paisagens dos solos definidos como Cambissolos.</i>	115
<i>Figura 21: Perfil e paisagem de solos rasos em porção com diaclases verticais de derrames.</i>	116
<i>Figura 22: Exemplos de solos rasos em porções com diaclases horizontais de derrames vulcânicos.</i>	116
<i>Figura 23: Perfil e paisagem de solos profundos em colinas arenosas.</i>	117
<i>Figura 24: Material de alteração dos arenitos fluviais formando os areais em colinas.</i>	119
<i>Figura 25: Perfil e paisagem de solos com diferença textural.</i>	120
<i>Figura 26: Perfil e paisagem característicos do contato de diferentes litologias.</i>	121
<i>Figura 27: Perfil de solo característico do topo de derrame.</i>	122

<i>Figura 28: Perfil e paisagem característicos de solos hidromórficos.</i>	123
<i>Figura 29: Croqui esquemático da associação de solos e litologias presente nas bacias hidrográficas.</i>	124
<i>Figura 30: Localização das coletas de solo com o resultado das análises de textura.</i>	125
<i>Figura 31: Feições Superficiais presentes nas bacias hidrográficas de estudo.</i>	127
<i>Figura 32: Areal formado a partir da desagregação da rocha arenítica.</i>	128
<i>Figura 33: Exemplo de caso específico de formação de areal.</i>	129
<i>Figura 34: Imagem ilustrativa da ocorrência de areais em colinas na área de estudo, que estão associados a uma paisagem com campos, butiá-anão, eucaliptos, cerros e processos de voçorocamento.</i>	130
<i>Figura 35: Casos representativos de areais na área de pesquisa.</i>	131
<i>Figura 36: Fotografias registrando a forma de ocorrência das ravinas e voçorocas. (A) Voçoroca estabelecida em cabeceiras de drenagem desprovidas de vegetação. (B) Voçoroca estabelecida nas cornijas, nos pontos de ruptura entre as camadas.</i>	133
<i>Figura 37: Mapa geomorfológico da área de estudo.</i>	135
<i>Figura 38: Fotografias mostrando as colinas associadas com morrotes.</i>	138
<i>Figura 39: Exemplo de cornijas em arenito eólico formando degraus de topos planos.</i>	139
<i>Figura 40: Cornijas em arenito fluvial com depósito de tálus.</i>	139
<i>Figura 41: Fotografias destacando morrotes (cerros) isolados de arenito.</i>	140
<i>Figura 42: Perfil representativo da geomorfologia colinosa e dos segmentos de vertente côncavo-convexo presente na bacia hidrográfica do Arroio Caraguataí.</i>	141
<i>Figura 43: Perfil topográfico identificado na imagem de satélite Ikonos e no mapa altimétrico, demonstrando os topos dos cerros e as vertentes localizadas na porção noroeste da Bacia Hidrográfica do Arroio Miracatu.</i>	142
<i>Figura 44: Fotografias (A e B) exibindo a ocorrência de colinas areníticas na paisagem de estudo. Colinas com processo de voçorocamento e arenização, ao fundo morrotes de arenito com topo plano e topo convexo, inseridos dentro da unidade de colinas.</i>	143
<i>Figura 45: Depósitos quaternários ao longo dos arroios.</i>	144
<i>Figura 46: Fotografias mostrando as colinas em altitudes elevadas.</i>	147
<i>Figura 47: Fotografias com morros e morrotes de vulcânica ao fundo.</i>	148
<i>Figura 48: Fotografias mostrando morrotes isolados de rocha vulcânica.</i>	149
<i>Figura 49: Fotografias mostrando colinas em rochas vulcânicas intercaladas com arenitos.</i>	149
<i>Figura 50: Perfil esquemático dos morros e morrotes e das escarpas do rebordo identificados a montante da bacia hidrográfica do Arroio Miracatu.</i>	150

<i>Figura 51: Fotografias exibindo depósitos do Ibicuí na área de estudo e rampas de acumulação do rio.</i>	151
<i>Figura 52: Usos desenvolvidos no município de Manoel Viana.</i>	159
<i>Figura 53: Usos desenvolvidos no município de Manoel Viana.</i>	162
<i>Figura 54: Distribuição dos Distritos de Manoel Viana e São Francisco de Assis nas bacias hidrográficas de estudo.</i>	165
<i>Figura 55: Mapa do uso da terra e cobertura vegetal da área de estudo no ano de 1990.</i>	167
<i>Figura 56: Mapa do uso da terra e cobertura vegetal da área de estudo no ano de 2000.</i>	169
<i>Figura 57: Mapa do uso da terra e cobertura vegetal da área de estudo no ano de 2009.</i>	171
<i>Figura 58: Imagem de satélite CBERS-2B com resolução de 2,5 m identificando plantio de eucalipto em fevereiro de 2009 na Sanga da Areia – Arroio Miracatu/Taquari.</i>	172
<i>Figura 59: Fotografia mostrando a expansão da monocultura de eucaliptos no Arroio Miracatu.</i>	172
<i>Figura 60: Imagem de satélite CBERS-2B com resolução de 2,5m identificando plantio de eucalipto em fevereiro de 2009 no Arroio Miracatu. O número 2 indica o polígono com eucalipto que pode ser visualizado no mapa de uso do ano de 2009.</i>	173
<i>Figura 61: Imagem de satélite CBERS-2B com resolução de 2,5 metros identificando plantio de eucalipto em fevereiro de 2009 na margem esquerda do Arroio Caraguataí.</i>	174
<i>Figura 62: Fotografias mostrando a expansão da monocultura de eucaliptos nas duas margens do Arroio Caraguataí.</i>	174
<i>Figura 63: Fotografias identificando a extensa área de silvicultura na margem esquerda do Arroio Caraguataí.</i>	175
<i>Figura 64: Imagem de satélite CBERS-2B com resolução de 2,5 metros identificando plantio de eucalipto em março de 2009 no Arroio Piraju. O número 4 indica o polígono com plantação de eucalipto que pode ser visualizado no mapa de uso do ano de 2009.</i>	175
<i>Figura 65: Fotografias mostrando retirada de eucalipto e plantação de pinus sobre areal.</i>	176
<i>Figura 66: Usos desenvolvidos nas pequenas propriedades da área de estudo.</i>	179
<i>Figura 67: Usos desenvolvidos no município de São Francisco de Assis e Manoel Viana.</i>	181
<i>Figura 68: Mapa dos usos e ocupação da terra e cobertura vegetal da área de estudo.</i>	182
<i>Figura 69: Fotografias mostrando a ocorrência dos campos com barba-de-bode (Aristida flácida) em colinas de arenito.</i>	184

<i>Figura 70: Registro da ocorrência de Pitanga-do-campo (Eugenia arenosa), nanofanerófita comum nos campos em colinas de arenito.</i>	185
<i>Figura 71: Ocorrência de curupis (Sapium haematospermum) vinculados a blocos de rocha arenítica eólica e dispersos pela cerca das propriedades rurais.</i>	186
<i>Figura 72: Ocorrência de butiá-anão (Butia lallemantii) nas colinas arenosas.</i>	187
<i>Figura 73: Fotografias mostrando a ocorrência dos campos com o capim-caninha (Andropogon lateralis) e a grama-forquilha (Paspalum notatum) em colinas de rochas vulcânicas.</i>	187
<i>Figura 74: Fotografia mostrando a distribuição de espininhos (Acacia caven) nos campos de colinas formada por rochas vulcânicas.</i>	188
<i>Figura 75: Fotografia destacando a ocorrência de criúva (Agarista eucalyptoides) em associação com tunas nas cornijas de arenito.</i>	189
<i>Figura 76: Fotografia registrando um exemplar de butiá-anão (Butia lallemantii) e tuna (Cereus hildmannianus) e a esquerda exemplar de jasmim-catavento (Tabernaemontana catharinensis) em morrote de arenito.</i>	190
<i>Figura 77: Fotografia registrando a ocorrência de gerivás (Syagrus romanzoffiana) em morrote de arenito resultante da conexão com a mata ciliar. À esquerda fotografia mostrando a mata ciliar ao longo do Rio Ibicuí.</i>	191
<i>Figura 78: Capão de mato associado com as drenagens de primeira ordem. À esquerda fotografia indicando pequeno capão em associação com blocos de rochas.</i>	191
<i>Figura 79: Exemplo de vegetação formando paredão no alto curso do Arroio Miracatu com caso típico de aroeira-folha-de-salço (Schinus molle).</i>	192
<i>Figura 80: Exemplo de vegetação formando paredão no alto curso do Arroio Miracatu com exemplar de pau-ferro (Astronium balansae).</i>	193
<i>Figura 81: Zoneamento Geoambiental da área de estudo.</i>	195
<i>Figura 82: Área urbana de Manoel Viana com localização dos bairros.</i>	196
<i>Figura 83: Ao fundo cerro chato com escarpas vegetadas e topo com solo exposto após uso agrícola</i>	200
<i>Figura 84: Ao fundo morrote de arenito com topo coberto por eucalipto em morrote na Sanga da areia.</i>	201
<i>Figura 85: Degraus de rochas formando cornijas vegetadas.</i>	202
<i>Figura 86: Areal desenvolvido em colinas de arenito fluvial.</i>	203
<i>Figura 87: Extensa colina com butiá-anão e lavoura interrompendo a conexão da vegetação.</i>	204
<i>Figura 88: Fotografia indicando morrote de rocha vulcânica com vegetação se conectando com a rede de drenagem.</i>	207
<i>Figura 89: Em primeiro plano os campos da Unidade Beluno e ao fundo extensa vegetação dos Paredões do Miracatu.</i>	208
<i>Figura 90: Ao fundo pequenas propriedades que desenvolvem a pecuária nos campos da Unidade Beluno.</i>	209

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos Tipos de relevo adaptado de IPT (1981) _____ 69

Tabela 2: Características morfométricas das bacias hidrográficas. _____ 87

Tabela 3: Classificação dos tipos de relevo adaptado de IPT (1981) _____ 98

LISTA DE QUADROS

<i>Quadro 1: Intervalo das classes hipsométricas presentes na área de estudo.</i>	88
<i>Quadro 2: Intervalo das declividades presentes na área de estudo.</i>	90
<i>Quadro 3: Intervalo dos comprimentos de vertentes presentes na área de estudo.</i>	91
<i>Quadro 4: Distribuição dos comprimentos de vertentes por bacia.</i>	93
<i>Quadro 5: Distribuição dos níveis da compartimentação geomorfológica na área de estudo.</i>	136
<i>Quadro 6: Distribuição dos níveis da compartimentação geomorfológica da área de estudo.</i>	144
<i>Quadro 7: Identificação das restrições dos solos para divisão dos lotes no assentamento realizado pelo INCRA.</i>	180
<i>Quadro 8: Resumo das potencialidades e fragilidades dos sistemas que compõem a área de estudo.</i>	210

LISTA DE GRÁFICO

<i>Gráfico 1: Comparação anual das precipitações na estação Ponte do Miracatu.</i>	<i>81</i>
<i>Gráfico 2: Determinação da média mensal de precipitação de 1975 a 2005</i>	<i>83</i>
<i>Gráfico 3: Precipitações coletadas na estação meteorológica de Manoel Viana.</i>	<i>82</i>
<i>Gráfico 4: Perfil transversal da bacia hidrográfica do Arroio Miracatu.</i>	<i>95</i>
<i>Gráfico 5: Perfil transversal da bacia hidrográfica do Arroio Caraguataí.</i>	<i>95</i>
<i>Gráfico 6: Perfil transversal da bacia hidrográfica do Arroio Piraju.</i>	<i>96</i>
<i>Gráfico 7: Perfil transversal do médio curso da bacia Restinga do Salso.</i>	<i>96</i>
<i>Gráfico 8: Perfil transversal da bacia hidrográfica do Lajeado Cunha.</i>	<i>97</i>

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA - Agência Nacional de Águas
APP – Área de Proteção Permanente
BH – Bacia Hidrográfica
CBGE - Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental
CEPSRM - Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia
COMAV - Cooperativa dos Assentados da Reforma Agrária de Manoel Viana
CONSEMA - Conselho Estadual de Meio Ambiente
CR – Comprimento de Rampa
DSG - Diretório do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro
EMATER - Associação Rio-Grandense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural
FEE - Fundação de Economia e Estatística
FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler
GPS - Sistema de Posicionamento Global
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH – Índice de Desenvolvimento Humano
INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas
LAGEOLAM – Laboratório de Geologia Ambiental
MNT – Modelo Numérico do Terreno
PCD/INPE - Plataforma de coleta de dados
PNRH – Programa Nacional de Recursos Hídricos
SBCG - Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica
SEMA - Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul
SIG – Sistema de Informação Geográfica
SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas
SRTM - Shuttle Radar Topography Mission
UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSM – Universidade Federal de Santa Maria
UGI – União Geomorfológica Internacional
USP – Universidade de São Paulo
WMO - Organização Meteorológica Mundial
ZAS – Zoneamento Ambiental para a Silvicultura
ZEE – Zoneamento Ecológico-Econômico

1. INTRODUÇÃO	20
1.1 Localização da área de estudo	23
1.2 Estruturação da Dissertação	25
2. REFERENCIAL TEÓRICO - METODOLÓGICO	26
2.1 Abordagem Sistêmica Aplicada a Análise Ambiental	26
2.2 A Paisagem enquanto Categoria de Análise Geográfica	31
2.3 Bacias Hidrográficas: Abordagens e Definições	35
2.4 Definições e Fundamentos Metodológicos da Geomorfologia e da Cartografia Geomorfológica e Geoambiental	39
2.4.1 Definições e Fundamentos Metodológicos da Geomorfologia	39
2.4.2 Cartografia Geomorfológica: Contribuições Teóricas e Metodológicas	42
2.4.3 Cartografia Geoambiental: Contribuições Teóricas e Metodológicas	47
2.4.4 O uso e a ocupação das paisagens na metodologia geoambiental	52
2.4.4.1 Os usos desenvolvidos no oeste do Rio Grande do Sul	53
2.5 Os elementos que compõem a paisagem do oeste do Rio Grande do Sul	55
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E OPERACIONAIS	59
3.1 Procedimentos Metodológicos	59
3.2 Operacionalização da Pesquisa	62
3.2.1 Primeira etapa: Levantamento e Processamento dos dados	62
3.2.1.1 Levantamento Bibliográfico e Cartográfico	62
3.2.1.2 Levantamento e produção de dados	63
3.2.1.2.1 Levantamento morfométrico/morfológico	64
3.2.1.2.2 Levantamento de dados secundários	70
3.2.1.2.3 Levantamento de campo e análises em laboratório	72
3.2.2 Segunda etapa: Correlação das Informações	74
3.2.2.1 Caracterização Geomorfológica	75
3.2.2.2 Avaliação do uso e ocupação da terra e vegetação	75
3.2.3 Terceira etapa: Interpretação e análise das potencialidades e fragilidades	77
3.2.4 Quarta etapa: Definição do Zoneamento Geoambiental	78
4. ELEMENTOS FÍSICOS DA PAISAGEM	80
4.1 Análise das características climáticas	80
4.2 Análise da rede hidrográfica	84
4.3 Análise das Características do Relevo	88
4.4 Características e distribuição das Litologias	103
4.5 Características e distribuição dos Solos	113
5. AS MARCAS NA PAISAGEM	126
5.1 Feições Superficiais: Marcas deixadas na paisagem	126
5.1.1 Os campos de Areia: Ocorrência, origem e evolução	126

5.1.2 Arenização: Casos representativos na área de estudo _____	130
5.1.3 Ravinas e voçorocas: Ocorrência, origem e evolução _____	132
5.1.4 Depósitos de tálus e colúvio _____	133
6. GEOMORFOLOGIA _____	134
6.1 Compartimentação geomorfológica _____	134
6.1.1 Compartimentação Geomorfológica da Depressão Periférica do RS__	136
Depressão Periférica do RS _____	136
6.1.1 Compartimentação Geomorfológica do Planalto da Serra Geral _____	144
Planalto da Serra Geral _____	145
7. ANÁLISE DO USO - OCUPAÇÃO E COBERTURA VEGETAL _____	152
7.1 A origem e expansão administrativa de São Francisco de Assis e Manoel Viana – Influência das características históricas na condição socioeconômica.	152
7.2 O estudo do uso e ocupação da terra e cobertura vegetal na área de estudo _	
_____	165
7.2.1 Os usos da terra e cobertura vegetal no ano de 1990 _____	165
7.2.2 Os usos da terra e a cobertura vegetal no ano de 2000 _____	168
7.2.3 Os usos da terra na área de estudo no ano de 2009 _____	170
7.2.4 Comparativo da evolução dos usos da terra no período 1990 a 2009__	177
7.2.5 A configuração do processo de ocupação e do uso da terra e a análise da vegetação _____	178
7.2.5.1 Análise da Vegetação _____	183
8. ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL: AS POTENCIALIDADES E FRAGILIDADES DAS PAISAGENS _____	194
8.1. Zoneamento Geoambiental: Compartimentação dos sistemas e das unidades de paisagem _____	194
9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES _____	211

1. INTRODUÇÃO

*O homem não é senhor da Terra, ainda que
seja o mais poderoso agente individual da
alteração das condições na superfície terrestre (...)
Edgard Morin*

Esta dissertação apresenta uma série de levantamentos do meio natural e antrópico integrados em um zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas do oeste do Estado, que sofreram intensas transformações, sobretudo, a partir das últimas décadas com a intensificação dos processos erosivos.

Dentro dessa temática, vale ressaltar que a degradação de terras e a desertificação/arenização constituem graves problemas que incidem em 33% da superfície da terra¹. No Rio Grande do Sul, em especial no oeste do estado a degradação dos solos está associada ao desenvolvimento de areais de grande extensão e de ravinas e voçorocas.

A preocupação com a degradação dos solos ganha ênfase por estar relacionada com os processos produtivos e o desenvolvimento econômico das populações. Neste sentido a humanidade está recebendo como herança² o desafio de resolver esses problemas decorrentes de condições naturais e/ou de uma crise sistemática, fruto de dificuldades sociais e econômicas que desencadearam um crescimento acelerado e desordenado da população humana, acompanhado de modos de vida urbano-industriais que incentivaram o caráter exploratório e alcançaram proporções tidas como irreversíveis.

As alterações ambientais, decorrentes dessa relação histórica “sociedade-natureza”, têm gerado intensas discussões em todos os segmentos da sociedade³. E

¹Dado sobre degradação e desertificação retirado do Programa de Ação Nacional de Combate a Desertificação e Mitigação dos efeitos da Seca - PAN Brasil (2004). Acrescenta-se que somente a desertificação afeta cerca de 1/4 da área terrestre (Capítulo 12 da Agenda 21).

²Para Ab' Sáber (2003, p.10) “desde os mais altos escalões do governo e da administração até o mais simples cidadão, todos têm uma parcela de responsabilidade permanente, no sentido da utilização não-predatória dessa herança única que é a paisagem terrestre. Para tanto, o autor afirma que deve-se conhecer melhor as limitações de uso específicas de cada tipo de paisagem, procurando obter indicações mais racionais, para preservação do equilíbrio fisiográfico e ecológico.”

³Os debates foram incentivados através das Conferências das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizadas em todo o mundo, que preconizaram a crítica ambientalista ao modo de vida contemporâneo e aprovaram a implementação da Agenda 21.

nesse contexto de crise ecológica, surge o conceito de desenvolvimento sustentável, que foi alimentado por encontros e conferências realizadas em todo o mundo. Para Jacobi (2003) a noção de sustentabilidade implica uma inter-relação necessária de justiça social, qualidade de vida, equilíbrio ambiental e, principalmente, a ruptura com o atual padrão de desenvolvimento.

Por outro lado, ao tratar das questões ambientais, esses encontros contribuíram para a valorização da natureza atribuindo-lhe um valor econômico, por colocar em voga o binômio da sustentabilidade e do desenvolvimento. Vale lembrar que o ritmo da acumulação do capital é distinto do ritmo de funcionamento da natureza, deixando visível que o modelo de desenvolvimento mostra-se tanto desigual para os homens quanto nocivo para os sistemas ambientais⁴.

Já se pode prever que, entre os padrões para o reconhecimento do nível de desenvolvimento de um país, devam figurar a capacidade do seu povo em termos de preservação de recursos, o nível de exigência e o respeito ao zoneamento de atividades, assim como a própria busca de modelos para uma valorização e renovação corretas dos recursos naturais (AB' SÁBER, 2003).

Partindo desses pressupostos, a dissertação traz como proposta central a questão de que os estudos ambientais devem ser desenvolvidos sob uma perspectiva sistemática de interação entre sociedade e natureza, a exemplo do que vem sendo preconizado por Jurandyr Ross (1990, 1992), Aziz Ab' Sáber (1969, 2003), Valter Casseti (1991, 1994), Jean Tricart (1965, 1977), Georges Bertrand (1972), Antônio Christofolletti (1979, 2002), entre outros estudiosos ligados as causas ambientais.

Entende-se que a melhor forma de realizar estudos integrados é através da elaboração de Zoneamento Ambiental e que na atualidade por estar incorporado às diretrizes federais, os zoneamentos representam o principal mecanismo de efetivação das ações no território, sejam por meio de diagnósticos, estudos de impacto, levantamentos do meio físico, ou pela análise sócio-econômica.

Segue-se a compreensão de Ross (1994) de que a elaboração do Zoneamento Ambiental deve partir da adoção de uma metodologia de estudo, baseada na compreensão das características e da dinâmica do ambiente natural e do meio sócio-econômico, visando buscar a integração das diversas disciplinas

⁴Pensamento semelhante pode ser lido em Jacobi, P. Educação Ambiental, Cidadania e Sustentabilidade, 2003, e em LEFF, E. Saber Ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. 2001.

científicas específicas, através de uma síntese do conhecimento acerca da realidade pesquisada.

A proposta de zoneamento geoambiental procura definir no presente estudo, as fragilidades e potencialidades das paisagens frente às características geomorfológicas e de uso e ocupação da terra, servindo de subsídio ao planejamento e a atuação ambiental mais efetiva. Frente às fragilidades encontradas no Estado do Rio Grande do Sul, principalmente na região oeste, a proposta de zoneamento vem no sentido de auxiliar a preservação de paisagens potencialmente debilitadas, como aquelas que apresentam manchas de areia, ravinas e voçorocas.

Por esse motivo, a problemática da pesquisa abarca a questão da arenização, como elemento chave que justifica a importância do zoneamento para a área escolhida, uma vez que são locais de grande ocorrência desse processo e que se expandiram junto com o processo de ocupação humana. Além disso, a nova dinâmica trazida pela silvicultura, com a inserção de plantas exóticas no Bioma Pampa atribui à necessidade de estudos integrados sobre a condição do meio.

Em outras palavras, o entendimento da gênese natural/antrópica da fragilidade das paisagens e a ocupação dos espaços, por vezes de forma inadequada e causando graves conseqüências ao ambiente, impõe a necessidade do Zoneamento Ambiental a fim de compatibilizar e adequar os usos e ocupação da terra.

O desafio de pesquisar elementos e adequar uma metodologia para o diagnóstico e o zoneamento geoambiental da situação real da paisagem escolhida, torna-se oportuno e estimulante, dada sua dinâmica recente, que de um ambiente que da origem ao gaúcho, resguardando a cultura do campo em grandes extensões, surge novos cenários com usos diversificados.

Sob este enfoque, foram escolhidas bacias hidrográficas contíguas que ficam entre os municípios de Manoel Viana e São Francisco de Assis, na região oeste do Estado do Rio Grande do Sul. A escolha da temática e do recorte deu-se pela necessidade de dar continuidade a trabalhos já desenvolvidos nessa região, e pela grande variabilidade de relevo, litologias e solos, fazendo dessa área um importante recorte de análise e correlação.

Considerando tais apontamentos, o principal objetivo desse estudo é contribuir com dados e análises que permitam uma melhor avaliação das potencialidades e fragilidades da paisagem, no âmbito de bacias hidrográficas na região oeste do estado. Para atingir tal propósito, esta dissertação se lança ao desafio de pontuar os seguintes objetivos específicos:

1. Caracterizar os elementos físicos do relevo, rede de drenagem, clima, litologias, solos e feições superficiais;
2. Apresentar a compartimentação geomorfológica da área;
3. Apontar os agentes causadores dos processos de transformação da paisagem;
4. Determinar a distribuição e as características do uso e ocupação da terra e cobertura vegetal atual;
5. Correlacionar os elementos geomorfológicos aos usos e ocupação da terra, avaliando as potencialidades e as fragilidades da paisagem;
6. Propor o zoneamento geoambiental das bacias hidrográficas estudadas.

1.1 Localização da área de estudo

A área de estudo localiza-se no oeste do Estado do Rio Grande do Sul e compreende os limites físicos das bacias hidrográficas existentes entre os municípios de São Francisco de Assis e Manoel Viana. A área total das bacias hidrográficas abrange cerca de 1.500 km², entre as coordenadas geográficas de longitude 55°49'55" e 55°00'38" oeste e latitude 29°18'36" e 29°37'16" sul. As bacias hidrográficas são delimitadas de leste para oeste pelo Arroio Miracatu, Arroio Caraguataí, Restinga do Salso, Arroio Piraju e Lajeado Cunha (Figura 1).

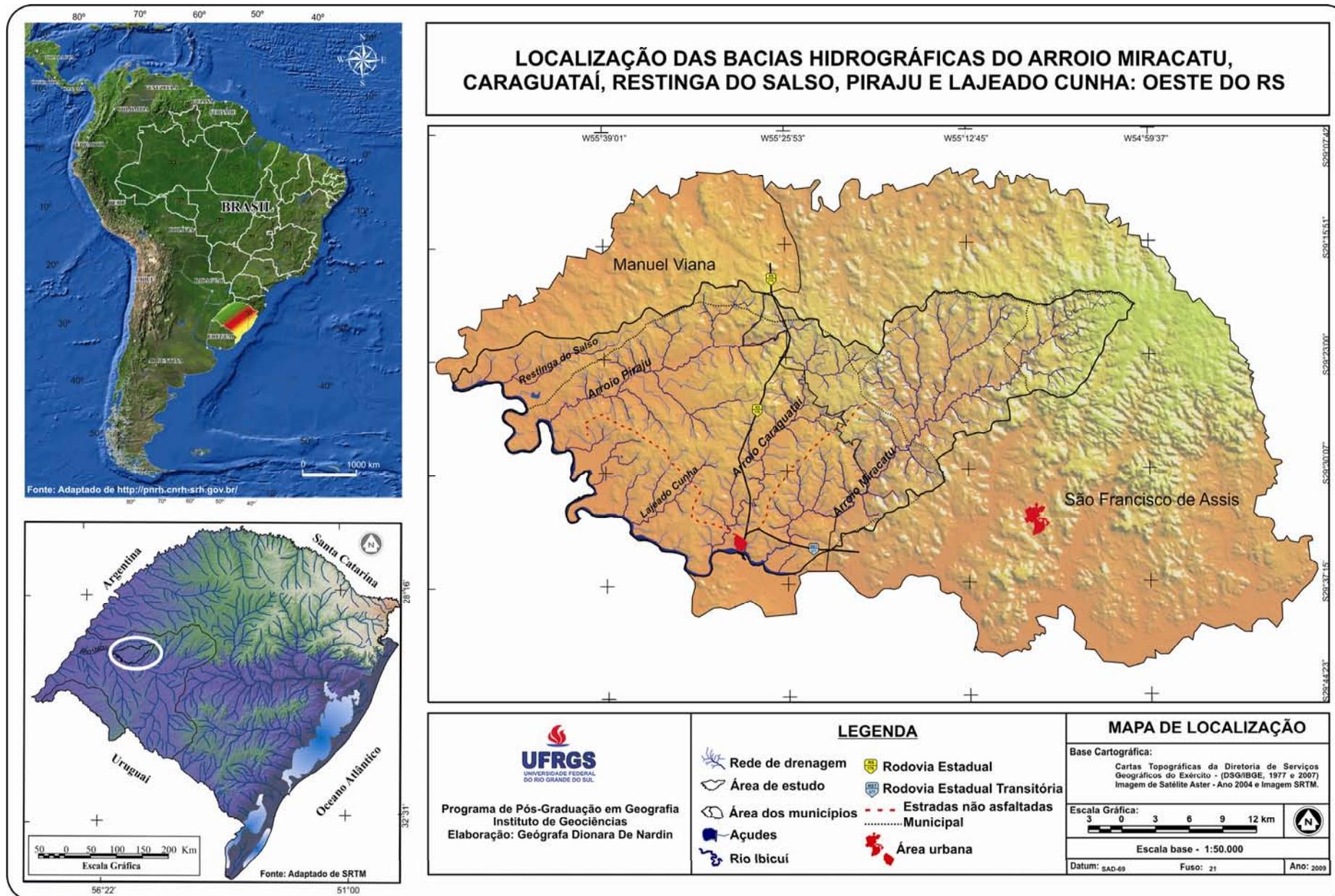


Figura 1: Localização das Bacias Hidrográficas nos municípios de São Francisco de Assis e Manoel Viana.

1.2 Estruturação da Dissertação

A pesquisa foi estruturada em 9 (nove) capítulos assim caracterizados:

No primeiro capítulo foi apresentada a dissertação através das assertivas que justificam e motivam os estudos, indicando os objetivos do trabalho e a localização do objeto de pesquisa.

O segundo capítulo refere-se às concepções teóricas que deram suporte a proposta metodológica e a temática de estudo, e que abordam o método sistêmico, os conceitos de paisagem, bacia hidrográfica, bem como as visões da geomorfologia e dos estudos geoambientais na análise das paisagens. Este resgate permeou a apresentação dos trabalhos desenvolvidos na porção oeste do estado, em especial os realizados no recorte de estudo.

O terceiro capítulo trata dos procedimentos metodológicos e operacionais que foram empregados durante a pesquisa, com uma proposta metodológica para a elaboração do zoneamento geoambiental.

No quarto capítulo são apresentados os resultados da análise dos elementos físicos da paisagem, os quais contemplam o clima, a rede de drenagem, o relevo, as litologias e os solos.

O quinto e o sexto capítulo discutem a ocorrência das feições superficiais, apresentando sua gênese e distribuição na área de estudo e indicam os estudos geomorfológicos como produto integrador das condições até então descritas.

No decorrer do sétimo capítulo são evidenciados os usos e o processo de ocupação que configuram as características da distribuição fundiária e da utilização humana na área de estudo.

No oitavo capítulo procede-se a elaboração do Zoneamento Geoambiental, utilizando-se da cartografia de síntese para compor a integração dos levantamentos. E, por último, as considerações finais com as efetivas recomendações e encaminhamentos da continuidade das pesquisas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO - METODOLÓGICO

“A natureza é exatamente simples, se conseguirmos encará-la de modo apropriado... Essa crença tem-me auxiliado, durante toda a minha vida, a não perder as esperanças, quando surgem grandes dificuldades de investigação”
Albert Einstein

Neste capítulo, apresentam-se os instrumentos teóricos e conceituais utilizados para caracterizar e construir o objeto de pesquisa.

O referencial teórico e metodológico inicia com a abordagem do método sistêmico que norteará as análises dos conceitos de paisagem e de bacia hidrográfica que possibilitam entender o recorte espacial. Em um segundo momento, busca-se resgatar as metodologias geomorfológicas e geoambientais que estruturam o presente estudo. Por fim, busca-se a caracterização da paisagem local, através de um resgate dos principais trabalhos desenvolvidos na região oeste.

2.1 Abordagem Sistêmica Aplicada a Análise Ambiental

A aplicação da abordagem sistêmica, aos estudos da geografia, em especial aos estudos ambientais, conforme Christofolletti (1979) serviu para melhor focalizar as pesquisas e delinear com maior exatidão o setor de estudo desta ciência, além de propiciar oportunidade para reconsiderações críticas de muitos dos seus conceitos.

Explicitado isto, entende-se por sistema, todo conjunto organizado de elementos e as interações estabelecidas entre eles e entre os seus atributos.

A teoria sistêmica, concebida sob o ponto de vista teórico e metodológico segundo Christofolletti (2004), foi criada na década de 1920 pelo biólogo Ludwig Von Bertalanffy sob a denominação Teoria Geral dos Sistemas, com o propósito de constituir-se em um amplo campo teórico e conceitual, levando a uma noção de mundo integradora, a respeito da estrutura, organização, funcionamento e dinâmica dos sistemas. Para Bertalanffy (1976) a Teoria Geral dos Sistemas surgiu em um

momento em que o modelo mecanicista e o tratamento por parte de diversos assuntos se mostravam insuficientes para atender os problemas de caráter teórico vigentes.

Nessa linha de análise, Gregory (1992) afirma que na Geografia, a abordagem sistêmica, possibilita a utilização de metodologias que abrange cronologia, métodos quantitativos e atividades humanas. Para as ciências, de um modo geral, a inserção desse método constituiu-se na mudança do pensamento reducionista para o pensamento holístico ou sistêmico.

Na Geografia Física, a aplicação da visão sistêmica data dos anos 1950, inicialmente utilizada em pesquisas de cunho hidrológico e climatológico. Os trabalhos pioneiros na adoção da ideia e aplicação de sistema na literatura geográfica pertencem a autores da escola anglo-americana, como Strahler (1950; 1952), Culling (1957), Hack (1960). Mas para Christofolletti (2002), a manifestação mais explícita acerca do uso da teoria sistêmica, começou a aparecer na década de sessenta, servindo como ponto de partida o artigo de Chorley (1962) sobre geomorfologia.

De acordo com Tricart (1977), o conceito de sistema é o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio ambiente, pois ele permite adotar uma atitude dialética entre a necessidade da análise e a necessidade contrária de uma visão de conjunto, capaz de ensejar uma atuação eficaz sobre esse meio ambiente. Para o autor, um sistema é um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia, sendo que estes fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos.

Portanto, o método sistêmico aparece como um instrumento teórico-metodológico em que a relação entre os elementos que compõem um sistema é analisada com uma visão de totalidade.

Já o termo geossistema aparece para expressar a conexão entre natureza e sociedade. Para Guerra e Guerra (2005, p.322) “os geossistemas são considerados fenômenos naturais, mas na sua análise leva em consideração aspectos sociais e econômicos (...) são sistemas dinâmicos e com estágios de evolução temporal, sob a influência do homem”.

Troppmair (2004) declara que Vitor Sotchava, especialista siberiano, foi quem apresentou em 1960 o termo Geossistema (Sistema Geográfico ou Complexo Natural Territorial) à comunidade científica internacional. Nesse sentido, tendo como

meta a compreensão do espaço geográfico, através dos estudos geoambientais, Sotchava percebeu a necessidade de estudar a dinâmica e estrutura das paisagens de forma sistêmica, através da delimitação e hierarquização de características homogêneas.

Diversos autores (Bertrand, 1972; Tricart, 1977; Bolós, 1981; Christofolletti, 2002, entre outros) apontam que para os estudos em Geografia Física, nos últimos anos, a visão geossistêmica, como abordagem metodológica, vem-se caracterizando como seu objetivo fundamental, considerando que os geossistemas correspondem a fenômenos naturais (fatores geomorfológicos, climáticos, hidrológicos e vegetação), porém englobando os fatores econômicos, e sociais, que juntos, representam a paisagem modificada, ou não pela sociedade (Guerra e Marçal, 2006).

No Brasil, uma importante contribuição para as pesquisas foi trazida com a tradução e aplicação dos artigos de George Bertrand (1972), para o qual o termo geossistema constitui-se em uma boa base para os estudos de organização do espaço, uma vez que ele é compatível com a escala humana. Para o autor, o geossistema corresponde a dados ecológicos relativamente estáveis, que resulta da combinação de fatores geomorfológicos (natureza das rochas e dos mantos superficiais, valor do declive, dinâmica das vertentes...), climáticos (precipitação, temperatura...) e hidrológicos (lençóis freáticos epidérmicos e nascentes, pH das águas, tempos de ressecamento do solo...).

A preocupação do autor em trazer o termo geossistema, demonstrada no artigo *Paisagem e Geografia Global - Esboço metodológico* é de que estudar uma paisagem é, antes de tudo, apresentar um problema de método, propondo assim, a metodologia sistêmica.

George Bertrand (1972) cita que “o geossistema está em estado de clímax quando há equilíbrio entre o potencial ecológico e exploração biológica”. Afirma ainda, que todo geossistema tem o tripé: potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica e que a ação antrópica depende da funcionalidade do geossistema.

Já o russo Sotchava (1975) recomenda que o estudo no contexto geossistêmico deva abordar as variáveis do relevo, solo, clima, água, vegetação e as atividades humanas no lugar (metodologia sistêmica). O pesquisador entende a bacia hidrográfica como unidade sistêmica, e cada unidade sistêmica é um geossistema. O autor acrescenta que todos os espaços geossistêmicos são passíveis de transformação pela natureza e mudança pela sociedade.

De acordo com observações de Monteiro (2001, p. 47), “diferentemente de Bertrand que quis amarrar a sua tipologia as ordens taxonômicas do “relevo”, Sotchava vai ligar-se as formações biogeográficas”. Para o pesquisador, o confronto entre as ideias dos autores não decorre tanto da concepção geral do “geossistema”, mas de sua classificação e aponta questões de influências de seus locais de trabalho e os objetos de estudo de cada autor.

Considerando as questões teóricas expostas, deve-se entender cada conceito em seu tempo e local de aplicação. Por esse motivo, como precursores da análise sistêmica, os autores citados são referências para a pesquisa. Porém, entende-se que a definição apresentada por Christofolletti (1980) satisfaz as expectativas da pesquisa.

A ideia apresentada pelo autor trata da concepção de que o termo geossistema, tem a finalidade de hierarquizar o território em sistemas espaciais homogêneos, através de uma metodologia que atente para as relações naturais-antrópicas, de forma que os problemas e o potencial de cada área sejam definidos segundo uma dinâmica própria (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A partir dessa afirmativa de Christofolletti, entende-se que metodologicamente a abordagem geossistêmica apresenta-se adequada para a realização do estudo. A ideia de hierarquia, trazida pelo geossistema, mostra-se importante elemento para um planejamento regional integrado e interdisciplinar e a elaboração de prognósticos que possam trazer a recuperação de áreas degradadas.

Assim, a organização espacial que se estabelece entre os sistemas ambientais, representa a interação dos componentes físicos da natureza que possuem expressão espacial na superfície terrestre e conectam-se com a sociedade.

Bertrand (1972) afirma que as noções de fator limitante e de mobilidade ecológica dentro da análise geossistêmica, merecem um exame aprofundado da parte do geógrafo advertido dos fenômenos de geomorfogênese e de degradação antrópica.

Para Bolós (1981) “Los criterios para clasificar son múltiples, pero los fundamentales para la clasificación del geosistema son: a) los referentes a la estructura; b) los referentes al funcionamiento y a la dinámica en relación con la energía”.

A abordagem sistêmica ou geossistêmica⁵ foi definida como a mais adequada para subsidiar essa pesquisa. Trata-se de uma compreensão determinada com base nos autores apresentados anteriormente, além da contribuição final de Monteiro (2001) que pode ser esclarecida na declaração trazida pelo próprio autor:

(...) o tratamento geossistêmico visa à integração das variáveis naturais e antrópicas (ETAPA ANÁLISE), fundindo recursos, usos e problemas configurados (ETAPA INTEGRAÇÃO) em unidades homogêneas assumindo papel primordial na estrutura espacial (ETAPA SÍNTESE) que conduz ao esclarecimento do estado real da qualidade do ambiente na (ETAPA APLICAÇÃO) do diagnóstico (MONTEIRO, 2001, p. 81).

É importante enfatizar que, mesmo defendendo a aplicabilidade do conceito de geossistema, no final de sua obra “Geossistemas: a história de uma procura”, Monteiro (*op. cit.*) adverte que “(...) nada indica que se haja firmado no conceito de geossistema um paradigma para a Geografia, nem mesmo para a Geografia Física [...]. Portanto, a procura do geossistema se apresentou como um programa de investigação em diferentes lugares, em diferentes geográficas” (MONTEIRO, 2001, p. 103).

Para exemplificar a aplicabilidade do termo geossistema, cita-se o estudo dos processos morfodinâmicos realizado por Christofolletti (2002), para o qual o clima surge como controlador dos processos e da dinâmica do geossistema, porém não se integra na visualização da organização espacial. Já a geodinâmica e estrutura geológica surge como condicionante na organização do geossistema, pois potencializa as características topográficas e dos solos.

A compartimentação espacial através da visão geossistêmica, conforme Freitas e Cunha (2004) estabelece critérios que buscam a identificação e agrupamento do comportamento das variáveis ambientais, destacando os processos morfodinâmicos da paisagem de origem natural (geologia, geomorfologia, clima, hidrologia e ecossistemas) e antrópica (baseada na ocupação sócio-histórica).

A partir do exposto, entende-se que a complexa relação entre a sociedade e a natureza que vão compor a organização espacial, pode ser compreendida a partir de um olhar geossistêmico, de cunho integrador, que não assuma uma posição determinista ou reducionista.

Por esse motivo, a ciência geográfica deve contemplar a discussão acerca da problemática ambiental integrada, uma vez que a organização espacial dos

⁵ Para Monteiro (2001) “o geossistema e sua análise é uma tentativa de melhoria na investigação da geografia física” (Monteiro, 2001, p.47).

processos relacionados à dinâmica atual e sua conseqüente degradação ambiental são resultado de uma série de elementos associados. Assim, entende-se que a compreensão geoambiental da área de estudo, será fruto da soma de vários elementos constituinte da paisagem e da relação que se estabelecem entre eles.

Destacam-se, neste primeiro item do capítulo, os trabalhos dos geógrafos brasileiros Carlos Augusto Monteiro (2001), Helmut Troppmair (2004) e Antônio Christofolletti (1979, 2002, 2004) que procuram na Geografia Física, maior integração entre os componentes naturais e antrópicos, por meio da concepção geossistêmica.

Por fim, utilizando as palavras de Troppmair (1990, p.8) encerra-se a apresentação do método sistêmico aproximando-o com a categoria de análise, “paisagem é fato concreto, um termo fundamental e de importante significado para a geografia, pois a paisagem é a fisionomia do próprio geossistema”.

2.2 A Paisagem enquanto Categoria de Análise Geográfica

Inicialmente, a preocupação deste item não é de trazer um resgate histórico e epistemológico da paisagem, apenas pretende-se apresentar os conceitos e autores pertinentes para a compreensão da categoria paisagem dentro do enfoque escolhido para o desenvolvimento da presente pesquisa.

Parte-se do princípio de que cada autor vê a paisagem sob a ótica do seu campo teórico e seus conceitos são formulados a partir desta experiência. Nesse sentido, a paisagem como categoria norteadora dos estudos geográficos pode ser compreendida através de várias definições, de acordo com o tratamento metodológico ao qual esteja vinculada.

De acordo com Verdum *et al.* (2007) quanto ao método de análise da paisagem, podem-se adotar três possibilidades de encaminhamento: a descritiva, a sistêmica e a perceptiva. No caso do presente estudo, usa-se a paisagem sistêmica que sugere combinações dos elementos físicos, biológicos e sociais, em um conjunto geográfico indissociável, uma interface entre o natural e o social, sendo uma análise em várias dimensões. Para os autores “a complexidade da paisagem é o tempo morfológico (forma), constitucional (estrutura) e a funcionalidade, que não pode ser reduzida em partes” (VERDUM *et al.*, 2007, p. 3).

Essa linha surge no período pós-1940, marcada pelo surgimento da Teoria Geral dos Sistemas, quando de acordo com Rougerie e Beroutchachvili (1991), aparece no cenário acadêmico a ideia do conceito de paisagem como a relação homem-natureza, contrapondo-se à estética-descritiva, abrindo caminho para uma nova abordagem, relacionando a paisagem como ambiente ou como objeto, na qual podem ser realizadas ações de intervenção e de pesquisa científica.

A aplicabilidade desse conhecimento foi inserida na Geografia pela escola anglo-americana, inicialmente na Geomorfologia, através dos trabalhos de Strahler (1950). Sob o enfoque da teoria sistêmica, a paisagem começa a ser humanizada, seja através de amostragens ou pela quantificação, com influência de autores como Horton, Chorley, Scheidegger, Hack, entre outros.

Nesse enfoque, diversas escolas foram relevantes para a formação do referencial holístico no estudo da paisagem, com destaque para as concepções semelhantes de Bertrand (1972) e Tricart (1977) na escola francesa, e Troll (1950) na escola germânica.

Apoiando-se em uma abordagem taxonômica, tipológica e dinâmica, Bertrand (1972) define a paisagem como uma “determinada porção do espaço, resultado da combinação dinâmica, portanto, instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução” (Bertrand, 1972, p.141). Para o autor sua definição ocorre em função da escala adotada, ou seja, “estudar a paisagem implica delimitá-la e dividi-la em unidades homogêneas e hierarquizadas, chegando-se com isso a uma classificação”.

A proposta de Tricart (1977) sugere uma classificação levando em consideração a condição de transição entre as unidades de paisagem através do seu caráter dinâmico, definindo então, as unidades ecodinâmicas.

Sua proposta conclui que o conceito ecológico associado ao instrumental lógico dos sistemas, permite estudar as relações entre os diversos componentes da paisagem. Também destaca a necessidade de estabelecer uma taxonomia fundada no grau de estabilidade e instabilidade da morfodinâmica.

Assim, os conceitos apresentados por Bertrand, Tricart e Monteiro se aproximam e por esse motivo se complementam, servindo de embasamento teórico para a pesquisa. Porém, buscando aproximar a ideia da funcionalidade da paisagem o conceito de Troll torna-se pertinente para a pesquisa.

Ao considerar a paisagem além da forma, Troll (1997) a concebe como o conjunto das interações homem/meio. Esse conjunto para o autor apresentava-se sob dupla possibilidade de análise: a da forma (configuração) e da funcionalidade (interação de geofatores incluindo a economia e a cultura humana).

Monteiro (2001) procura incorporar a teoria sistêmica, estabelecendo bases metodológicas tanto para a delimitação quanto para a categorização da paisagem. Portanto, o conceito de paisagem adotado foi o proposto como:

Entidade espacial delimitada segundo um nível de resolução do geógrafo (pesquisador), a partir dos objetivos centrais da análise, de qualquer modo sempre resultante da integração dinâmica, portanto instável, dos elementos de suporte, forma e cobertura (físicos, biológicos e antrópicos) expressa em partes delimitáveis infinitamente, mas individualizadas através das relações entre elas, que organizam um todo complexo (sistema), verdadeiro conjunto solidário e único, em perpétua evolução (MONTEIRO, 2001, p. 39).

Como um dos pioneiros no Brasil a considerar o potencial biológico de ocupação da paisagem por meio da identificação de unidades de paisagem, Monteiro (*op. cit.*), sugere o uso do termo unidade de paisagem, associado à escala (por exemplo: Unidade de Paisagem na escala 1:50.000), para substituir os inúmeros termos utilizados, pelos vários autores, para nomear os níveis escalares da paisagem (geossistema, geofácies, geótopo, etc.), podendo-se acrescentar ainda, ecótopo, pedótopo, biótopo entre outros.

Para Maximiano (2004), a necessidade de operacionalizar o conceito de paisagem com fins de gestão territorial levou os geógrafos russos a desenvolverem o conceito de geossistema.

Além do conceito de geossistema apresentado por Sotchava que marca um novo período de análise sobre a paisagem, a escola soviética teve participação marcante na introdução da abordagem sistêmica na Geografia, ao estudar as relações entre solos, geomorfologia, vegetação e clima em escala de paisagem (GUERRA E MARÇAL, 2006).

De acordo com Mateo Rodriguez e Silva (2002, p.96) Sotchava utilizou toda a teoria sobre paisagens (Landschaft) elaborada pela Escola Russa. Ele interpretou essa herança sob uma visão da Teoria Geral de Sistemas. Isso significava que o conceito de Landschaft (paisagem natural) foi considerado como sinônimo da noção de geossistema. Assim, para os autores “a paisagem era considerada como uma formação sistêmica, formada por cinco atributos sistêmicos fundamentais: estrutura, funcionamento, dinâmica, evolução e informação”.

Dentro desse enfoque, destaca-se a paisagem como uma importante categoria de análise do espaço geográfico. A Ciência da Paisagem pode oferecer um referencial teórico-metodológico, avançado, para estudo e encaminhamento dos problemas ambientais. Nesse sentido, a conceituação de paisagem que contempla as expectativas desta pesquisa encontra-se em Bertrand (1972), Tricart (1977) e Monteiro (2001), além das contribuições mais recentes de Verdum (2005).

Indo além, Verdum (2005), acredita que as unidades de paisagem podem ser diferenciadas com base em Rougerie e Beroutchachvili (1991) e Roger (1995), através de quatro critérios: a forma, a função, a estrutura e a dinâmica.

A *forma* é o aspecto visível de uma determinada paisagem, sendo composta por elementos que podem ser facilmente reconhecidos em campo, assim como pelo uso dos produtos do sensoriamento remoto: o morfológico, a presença de água, a cobertura vegetal e a ocupação das terras.

A *função* pode ser compreendida pelas atividades que, de certa maneira, foram ou estão sendo desenvolvidas e que estão materializadas nas formas criadas socialmente (espaço construído, atividades agrícolas, atividades mineradoras) e, que também são reconhecidas em campo e pelos produtos do sensoriamento remoto pelas diferenciações que apresentam em relação aos aspectos das unidades da paisagem, onde não ocorrem as diversas formas criadas socialmente.

A *estrutura* é outro critério que não pode ser dissociado da forma e da função, sendo esta reconhecida como a que revela os valores e as funções dos diversos objetos que foram concebidos em determinado momento histórico. Dessa forma, a estrutura revela a natureza social e econômica dos espaços construídos e que, de certa forma interfere na dinâmica da paisagem anterior às intervenções sociais.

A *dinâmica* é a ação contínua que se desenvolve gerando diferenças entre as unidades de paisagem, no tempo, na sua continuidade e na sua mudança. O tempo (geológico e histórico) revela o movimento do passado ao presente, e este em direção ao futuro. Neste caso, as dinâmicas de cada Unidades de Paisagem (UPs) revelam para a sociedade significados que podem ser reconhecidos pela formas e podem ser pensados em termos de intervenções que já foram realizadas e que serão propostas: o zoneamento, a efetivação e os usos.

Conforme Suertegaray (2005), a paisagem é um conceito operacional, ou seja, um conceito que permite analisar o espaço geográfico sob uma dimensão, qual

seja a da conjunção de elementos naturais/tecnificados, socioeconômicos e culturais, e acrescenta:

Ao optarmos pela análise geográfica a partir do conceito de paisagem, poderemos concebê-la enquanto forma (formação) e funcionalidade (organização). Não necessariamente entendendo forma-funcionalidade como uma relação de causa e efeito, mas percebendo-a como um processo de constituição/reconstituição de formas na sua conjugação com a dinâmica social (SUERTEGARAY, 2005, p. 51).

Por fim, acrescenta-se como reflexão, a importante concepção de Ab'Sáber no que diz respeito a paisagem. Para o autor, “a paisagem é sempre uma herança [...] herança de processos fisiográficos e biológicos, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente as herdaram como território de atuação de suas comunidades” (Ab'Sáber, 2003, p. 9). Nesse sentido, o autor reafirma que mais do que simples espaços territoriais, os povos herdaram paisagens e ecologias, pelas quais certamente são responsáveis, ou deveriam ser responsáveis.

Recentemente foi publicada a importante obra “*Rio Grande do Sul: Paisagens e Territórios em transformação*”, organizada por Verdum, Basso e Suertegaray (2004), que retrata as diferentes paisagens que formam o território gaúcho, constituindo uma base para avançar os estudos de paisagens em seus diferentes enfoques.

Sintetizando as ideias apresentadas, o objeto de interesse da pesquisa, a paisagem, pode ser entendida como o produto das interações entre elementos de origem natural e humana. Por esse viés, serão tratados alguns aspectos de abordagem da paisagem como a possibilidade de cartografar a paisagem, já que a mesma ocupa um lugar; a possibilidade de análise por meio dos elementos, estrutura e/ou funcionamento da paisagem e por fim através da possibilidade de classificar paisagens em unidades diferenciadas ou homogêneas.

2.3 Bacias Hidrográficas: Abordagens e Definições

O recorte espacial para o estudo da paisagem na presente pesquisa representa os limites físicos das bacias hidrográficas. No Brasil, o estudo destes limites são assegurados pela Política Nacional dos Recursos Hídricos, que através

da Lei N° 9.433 de 1998, estabelece em seus conceitos básicos a utilização da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão.

Analisando os estudos em bacias hidrográficas, percebe-se que eles ainda encontram-se associados à noção de sistema, compreendendo as nascentes, divisores de águas, cursos de águas hierarquizados e foz, onde toda ocorrência de eventos, de origem antrópica ou natural, interfere na dinâmica desse sistema.

O critério de bacia hidrográfica é comumente utilizado, porque, segundo Santos (2004, p. 39), “constitui um sistema natural bem delimitado no espaço, composto por um conjunto de terras topograficamente drenadas por um curso d’água e seus afluentes, onde as interações, pelo menos físicas, são integradas e, assim, mais facilmente interpretadas”.

Com uma concepção semelhante autores como Christofolletti (1980), Beltrame (1994) e Guerra e Cunha (1996, 2003) afirmam, que as bacias de drenagem, integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas, pois mudanças significativas em qualquer uma dessas unidades podem gerar alterações ou até mesmo impactos a jusante e nos fluxos de energia.

A partir disso, entende-se que as bacias de drenagem são tratadas como unidades geográficas onde os recursos naturais se integram. Dessa forma, optou-se pela escolha da bacia hidrográfica como unidade de análise, uma vez que, além de constituírem-se em uma unidade de fácil reconhecimento e caracterização, servem para o ordenamento territorial. Por outro lado, será indispensável compreender o recorte político-administrativo no qual encontram-se inseridas as bacias hidrográficas, uma vez que, serão utilizados dados socioeconômicos que se fundamentam nos limites administrativos.

Ressalta-se, que quando se pretende desenvolver um estudo a partir das análises geomorfológicas, a bacia hidrográfica ganha ênfase por definir a esculturação do relevo. Nas palavras de Botelho (1999) a “bacia hidrográfica, uma vez que é delimitada considerando-se critérios geomorfológicos, leva vantagem sobre as demais unidades de planejamento definidas por outros atributos, os quais apresentam limites imprecisos, como os baseados nos tipos de vegetação ou em características climáticas”. Anterior a 1980, era comum a utilização de unidades político-administrativas ou quadrículas definidas por coordenadas cartográficas como unidades de pesquisa.

Para Botelho e Silva (2004) a bacia hidrográfica, entendida como célula básica de análise ambiental, permite conhecer e avaliar seus diversos componentes e os processos e interações que nela ocorrem. A visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita na adoção dessa unidade fundamental.

No dicionário geológico-geomorfológico de 2005, bacia hidrográfica significa “conjunto de terras drenadas, por um rio principal e seus afluentes” (Guerra e Guerra, 2005, p.76). Villela e Matos (1975) apontam que a bacia hidrográfica é necessariamente controlada por um divisor, assim designado por ser uma linha de separação que divide as precipitações que caem em bacias vizinhas e que encaminha o escoamento superficial resultante para um ou outro sistema fluvial.

As bacias hidrográficas integram-se em um sistema formado por um conjunto de vertentes e de uma rede de drenagem composta por cursos da água que confluem até resultar em um leito único no exutório. Considerada como um sistema físico por Tucci (1993), a bacia hidrográfica possui uma entrada representada pelo volume de água precipitado e uma saída pelo volume de água escoado pelo exutório.

Ao distinguir o estado em que se encontram os elementos que compõem o sistema hidrológico (solo, vegetação, relevo, etc.) e os processos a eles relacionados (infiltração, erosão, assoreamento, inundação, etc.), é possível avaliar o equilíbrio do sistema ou ainda a qualidade ambiental nele existente.

No processo de esculturação do relevo, a rede de drenagem possui importante destaque, uma vez que a dinâmica fluvial escava um conjunto de feições topográficas que modelam o relevo. Christofolletti (1980) propõe índices e parâmetros para analisar as formas de relevo, levando em consideração a rede hidrográfica, onde para o autor, os cursos d'água constituem o processo morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem.

As características topográficas e hidrológicas das bacias hidrográficas, de acordo com Guerra e Mendonça (2004), proporcionam as bases para o sistema morfométrico de Horton (1945), que mais tarde foi modificado por Strahler (1964). Através da análise em bacias hidrográficas é possível construir unidades topográficas, que podem ser subdivididas com base nas características da rede de drenagem.

O arranjo da rede de drenagem, tido como um reflexo do conjunto de variáveis físicas, como relevo, clima, solos, substrato rochoso e vegetação,

atualmente, vêm apresentando um comportamento condicionado por uma série de elementos de origem antrópica. A ação antrópica altera as condições naturais, através da poluição, represamento dos canais, desmatamento e assoreamento das nascentes, entre outros fatores, que mesmo que ocorram de forma pontual, acabam refletindo em toda a área da bacia.

Partindo-se do pressuposto de que as bacias hidrográficas em análise encontram-se quase que exclusivamente em área rural, seus funcionamentos diferem muito das áreas urbanizadas. Principalmente na área de estudo, que apresenta rochas sedimentares, solos arenosos e vegetação herbácea, que contribuem para o processo de infiltração. Conforme Botelho e Silva (2004), por mais que as atividades agrárias sejam responsáveis por uma diminuição na taxa de infiltração de água no solo, ainda há infiltração de uma parcela significativa de água proveniente das chuvas, diferentemente do que ocorre nas regiões urbanizadas.

Neste mesmo sentido, Cunha (2005, p. 224) afirma que “os rios espelham, de maneira indireta, as condições naturais e as atividades humanas desenvolvidas na bacia hidrográfica, sofrendo, em função da escala e intensidade de mudanças nesses dois elementos, alterações, efeitos e/ou impactos no comportamento da descarga, carga sólida e dissolvida, e poluição das águas”.

As bacias hidrográficas constituem sistemas ambientais complexos em sua estrutura, funcionamento e evolução. As bacias de drenagem são unidades fundamentais para mensuração dos indicadores geomorfológicos, para a análise da sustentabilidade ambiental baseada nas características do geossistema e do elemento socioeconômico (CHRISTOFOLETTI, 2002).

Por fim, pelo exposto acima, entende-se que o estudo do meio físico e da intensa influência antrópica, deve considerar a bacia hidrográfica como unidade de intervenção, planejamento e gerenciamento, sendo possível estudar as relações existentes entre os diversos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua esculturação através deste recorte espacial.

2.4 Definições e Fundamentos Metodológicos da Geomorfologia e da Cartografia Geomorfológica e Geoambiental

Neste item são resgatados os principais fundamentos dentro da geomorfologia, que dão respaldo para a cartografia geomorfológica, bem como para a cartografia geoambiental.

2.4.1 Definições e Fundamentos Metodológicos da Geomorfologia

A Geomorfologia, pelo seu papel integrador nas ciências da terra, é uma disciplina que muito atende aos interesses da Geografia e do planejamento territorial ambiental (ROSS, 1995). Por esse motivo, a Geomorfologia serve de parâmetro para a delimitação das unidades de paisagem, expressa pela relação do uso da terra com os elementos geomorfológicos, refletindo na metodologia de zoneamento geoambiental.

Para introduzir a reflexão acerca das questões geomorfológicas parte-se da premissa de que o relevo - objeto de estudo da geomorfologia - é o resultado da atuação de forças antagônicas sintetizadas pelas atividades tectônicas e estruturais, e pelos mecanismos morfoclimáticos ao longo do tempo geológico, podendo ocorrer de forma sucessiva ou simultânea. Essas forças são definidas como forças endógenas (dobras, falhas, vulcões, terremotos) e forças exógenas (desgaste e acumulação) (Mescerjakov, 1968; Ross, 1990; Guerra e Guerra, 2005).

A partir disso, as formas que o relevo apresenta são ao mesmo tempo consequências da atuação dessas forças, bem como suas causas, pois através de variações topográficas e morfológicas abre-se espaço para a interferência da ação da gravidade, que possibilita, por exemplo, o deslocamento de matéria e energia líquida ou sólida das partes mais altas para as mais baixas, em um processo contínuo de desgaste dos terrenos elevados e de acumulação nos segmentos mais baixos (ROSS, 1990).

Assim, o estudo do relevo realizado pela geomorfologia é entendido, conforme Casseti (1991), como a busca na explicação das transformações do geo-relevo, portanto, refere-se não apenas à morfologia (forma), mas também à fisiologia (função), incorporando o movimento histórico das sociedades e vinculando com a ciência geográfica.

A partir das palavras de Casseti (1991) é possível entender que a abordagem

ambiental, nos estudos geomorfológicos abrange a compreensão das relações do homem com a natureza, dando-lhe suporte técnico para trabalhar de forma integrada as questões ambientais. Sob este ponto de vista, os estudos geomorfológicos são participantes indispensáveis das metodologias voltadas ao zoneamento e gestão do espaço territorial.

A teoria geomorfológica edificou-se em um contexto de diferenças históricas e culturais que refletiram na ausência de uma sistematização única com um eixo referencial que norteasse a evolução teórico-conceitual da Geomorfologia.

Dessa forma, a geomorfologia tem suas raízes nos princípios epistemológicos formulados por dois núcleos distintos. A escola anglo-americana, que evoluiu a partir do modelo proposto por Davis (1899), chegando atualmente a uma geomorfologia quantificada, e a escola germânica que evoluiu a partir da teoria de Penck (1953) para uma geomorfologia apoiada na cartografiação.

Segundo a filogênese da teoria geomorfológica proposta por Abreu (1983), das diferentes evoluções do pensamento geomorfológico anglo-americano e alemão surgem contribuições distintas. Enquanto a escola anglo-americana utiliza a análise quantitativa como instrumento de pesquisa, ligada à geologia estrutural, a escola alemã, dentro de uma tradição naturalista, utiliza um sistema de classificação conceitual do objeto da geomorfologia e um método que valoriza a cartografia geomorfológica e as questões ambientais relacionadas com o homem.

A pesquisa geomorfológica brasileira tem se caracterizado por uma linha híbrida, que não se enquadra na maior parte dos casos, e em nenhuma das duas grandes linhas de pesquisas geomorfológicas a que Abreu denominou de linhagem anglo-americana e germânica⁶.

De acordo com Ross (1990, p. 31) no caso brasileiro, “apesar de todas as influências nem sempre serem bem absorvidas, percebe-se uma tendência, cada vez mais acentuada, para a cartografiação geomorfológica, principalmente pela penetração da obra do francês Jean Tricart.”

Em sua publicação intitulada *Ecodinâmica*, Tricart (1977) preconiza que a adoção do conceito ecológico como forma de abordagem, traduzido pela noção de Unidades Ecodinâmicas, permite o estudo dos diversos componentes de um ambiente e suas relações, principalmente no que tange à morfodinâmica.

⁶Baseado em ROSS, J.L.S. *Geomorfologia: ambiente e planejamento*. 8 ed. São Paulo: Contexto. 1990.

Tricart (1977) conclui que o conceito ecológico associado ao instrumental lógico dos sistemas, permite estudar as relações entre os diversos componentes do meio ambiente. Também destaca a necessidade de estabelecer uma taxonomia fundada no grau de estabilidade e instabilidade da morfodinâmica, para a elaboração da cartografia geomorfológica.

Mesmo que a pesquisa brasileira não se enquadre nas grandes correntes geomorfológicas, autores como Aziz Ab'Sáber incorpora ambas as posturas apresentadas por Abreu, porém com maior ênfase nos postulados de origem germânica, sintetizadas na sua publicação de 1969 definida como "*Um conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário*".

Sua obra serve de base para o estudo, uma vez que apresenta uma forma de realizar estudos integrados do relevo, através de níveis de abordagem que individualizam o campo de estudo da geomorfologia.

A partir disso, neste trabalho, ao estabelecer as bases geomorfológicas como diretrizes ao estudo do Quaternário, Ab' Sáber (1969), destaca os níveis de tratamento que considera fundamentais na metodologia das pesquisas geomorfológicas: (1) o entendimento da compartimentação topográfica regional, assim como da caracterização e descrição das formas de relevo; (2) o levantamento de informações sistemáticas sobre a estrutura superficial das paisagens referentes a todos os compartimentos e formas observadas; (3) a compreensão dos processos morfodinâmicos e pedogenéticos atuais, ou seja, da fisiologia da paisagem.

A *compartimentação morfológica* inclui observações relativas aos diferentes níveis topográficos e características do relevo. Nesse aspecto a geomorfologia assume importância ao definir os diferentes graus de risco que uma área possui, oferecendo subsídios ou recomendações quanto à forma de ocupação e uso.

A *estrutura superficial*, ou depósitos correlativos constitui-se em importante elemento na definição do grau de fragilidade do terreno, sendo responsável pelo entendimento histórico da sua evolução, como se pode comprovar através dos paleopavimentos. Sabendo das características específicas dos diferentes tipos de depósitos que ocorrem em diferentes condições climáticas, torna-se possível compreender a dinâmica evolutiva comandada pelos elementos do clima considerando sua posição em relação aos níveis de base atuais vinculados ou não a ajustamentos tectônicos.

A *fisiologia da paisagem*, terceiro nível de abordagem, tem por objetivo compreender a ação dos processos morfodinâmicos atuais, inserindo-se na análise o homem como sujeito modificador. A presença humana normalmente tem respondido pela aceleração dos processos morfogenéticos, como as formações denominadas de tecnogênicas, abreviando a atividade evolutiva do modelado. Mesmo a ação indireta do homem, ao eliminar a interface representada pela cobertura vegetal, altera de forma substancial as relações entre as forças de ação (processos morfogenéticos ou morfodinâmicos) e de reação da formação superficial, gerando desequilíbrios morfológicos ou impactos geoambientais como os movimentos de massa, voçorocamento, assoreamento, dentre outros, chegando a resultados catastróficos, a exemplo dos deslizamentos em áreas topograficamente movimentadas.

De acordo com a análise feita por Caseti (1994), no estudo desses três níveis, do primeiro em relação ao terceiro, os processos evoluem de uma escala de tempo geológica para uma escala de tempo histórica ou humana, incorporando gradativamente novas variáveis analíticas, como relacionadas à derivação antropogênica, e exigindo maior controle de campo, o que implica emprego de técnicas, como o uso de miras graduadas para controle de processos erosivos, podendo chegar a níveis elevados de sofisticação e análises específicas. É essencial o entendimento da escala de análise quando se pretende trabalhar com essa proposta metodológica.

O conceito de Geomorfologia tripartite, proposto por Ab'Sáber (1969), não teve a preocupação de dar subsídio técnico e operacional para viabilização da pesquisa, porém sua proposta possui características fundamentais para os estudos com base geomorfológica, que é a relação existente entre as formas, materiais e a ação climática. Essa metodologia será utilizada mais precisamente nos seus dois primeiros níveis, sem o emprego de técnicas de monitoramento dos processos, como é proposto no terceiro nível.

2.4.2 Cartografia Geomorfológica: Contribuições Teóricas e Metodológicas

De acordo com a temática proposta, a cartografia geomorfológica representa importante eixo para a definição do zoneamento geoambiental.

A cartografia geomorfológica, que é ao mesmo tempo instrumento de análise e de síntese da pesquisa geomorfológica, é um dos caminhos mais claramente definidos para a pesquisa empírica no campo da geomorfologia (ROSS, 1990).

No ramo da cartografia de relevo, a proposta de Ross (1990 e 1992) representa um mapeamento taxonômico de sucessivas ordens (táxons), presentes na paisagem. A abordagem metodológica trazida pelo autor representa a subdivisão do terreno em unidades homogêneas distintas, prevendo a aplicação dos conhecimentos geomorfológicos ao planejamento e gestão territorial. O autor postula uma taxonomia do relevo aplicada para fins de planejamento físico-territorial, pautada em considerações teóricas e metodológicas de Penck (1953), Mescerjakov (1968), ressaltando ainda, as contribuições de Cailleux e Tricart (1956) e Tricart (1965).

Os mapas geomorfológicos, ao contrário dos demais mapas temáticos possuem um grau de complexidade maior. Isso decorre, pois, as formas de relevo e os processos geomorfológicos têm grande importância, tanto pelo fato de constituírem o substrato físico sobre o qual se desenvolvem as atividades humanas, como por responderem, muitas vezes de forma agressiva as alterações provocadas por tais atividades.

Ross (1990) estabelece o cruzamento dos dados referentes à carta de declividade das vertentes, carta simplificada da litologia, carta de uso da terra e cobertura vegetal, carta das formas de relevo e marcas de processos erosivos, além da análise dos dados pluviométricos. Em seu trabalho, o autor realiza o cruzamento dessas variáveis com o objetivo de definir as Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade.

Segundo Ross (1994), a análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais exige estudos básicos de relevo, do solo, do uso da terra e do clima. Para tanto, faz-se necessário um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais através de trabalhos de campo e de gabinete, que irão gerar produtos cartográficos temáticos de geomorfologia, geologia, pedologia, climatologia, cobertura e uso do solo, acompanhados de relatórios técnicos sintéticos.

Com relação à escala de análise Kohler (2002), afirma que quanto menor a escala espacial adotada, maior será a influência dos processos endógenos, e quanto

maior a escala utilizada, maior a influência dos processos exógenos. Ainda segundo o autor, a escala de estudo irá determinar as estratégias e técnicas de abordagem.

Nesse sentido, Cailleux e Tricart (1956)⁷ já haviam considerado que a oposição dialética entre forças internas e forças externas se reveste de aspectos diferentes segundo a escala considerada. Para Peloggia (1997), Tricart (1965) escreve que "a dimensão dos objetos da geomorfologia (fatos e fenômenos) intervém não somente em sua classificação, mas na escolha dos métodos de estudo e na natureza própria dos laços de causalidade, tanto com os outros objetos da própria geomorfologia, quanto com aqueles das disciplinas correlatas" (tradução do autor).

A noção de escala é inseparável do estudo das paisagens. As escalas têmporo-espaciais de inspiração geomorfológica foram utilizadas como base geral de referência para representar todos os fenômenos geográficos. Além disso, cada disciplina especializada no estudo de um aspecto da paisagem se apoia em um sistema de delimitação mais ou menos esquemático, formando unidades homogêneas e hierarquizadas, para um nível de escala considerado, que se encaixam umas nas outras (BERTRAND, 1972).

Demek (1977) citado por Silva (2007) esclarece que os mapas geomorfológicos, em geral, devem expressar as feições morfográficas e morfométricas das formas de relevo, sua gênese e idade. O autor define como mapas geomorfológicos detalhados, os mapas com escala de 1:10.000 e 1:50.000. Nesses mapas, o autor cita que os conteúdos principais são as formas de relevo concretas e suas partes e que deveriam refletir a forma do relevo de forma legível e ter informações com, no máximo três ou quatro níveis.

A União Geográfica Internacional (UGI) recomenda que a cartografia geomorfológica deva apresentar quatro níveis de abordagem. Esses níveis representam a *morfometria* (altimetria, dimensões, desníveis, extensões); a *morfologia* (formas do perfil, concavidades, convexidades, rupturas, topos, fundos de vale, etc.); a *gênese* (degradação ou agradação); a *cronologia relativa* (idade relativa das formas, datação absoluta).

Com relação a essa recomendação, Ross (1992) elucida que "a cartografia geomorfológica deve mapear concretamente o que se vê e não o que se deduz da

⁷ De acordo com Peloggia (1997).

análise geomorfológica, [...]. Em primeiro plano deve-se representar as formas de diferentes tamanhos e em planos secundários, a representação da morfometria, morfogênese, e morfocronologia, que tem vínculo direto com a tipologia das formas”.

Da mesma forma, para Santos (2004), os mapas geomorfológicos representam em um primeiro momento, as formas de relevo que definem as unidades mapeadas. Em um segundo momento, para cada uma das unidades tem-se a descrição da morfologia do relevo, morfometria e os processos morfogenéticos (relativos à gênese e ao tamanho), a dinâmica atual, os padrões de formas das vertentes, além da configuração do sistema de drenagem e o grau de dissecação.

Em síntese, Troppmair (1990) salienta que somente estudos geomorfológicos que forneçam dados quantitativos sobre as formas, dados corretos sobre os processos morfodinâmicos e dados pedomórficos ou de pedotopos, tem significado na pesquisa geomorfológica atual, principalmente, quando ela visa estudo integrado do meio ambiente.

Por fim, analisando a importância dos estudos geomorfológicos para a temática da pesquisa, entende-se que além de indispensável os estudos na linha geomorfológica dentro dos zoneamentos, apresentam uma variedade de possibilidades de aplicação, principalmente no sentido de prevenção contra a ocorrência de catástrofes e danos ambientais nas diferentes formas de ocupação humana.

É importante enfatizar que, hoje em dia, o homem é considerado o mais importante agente geomorfológico, superando o paradigma que separa os estudos do meio físico e antrópico. Por esse motivo, é inevitável a aproximação da Geomorfologia com as metodologias de zoneamento integrado, onde, na compreensão de Guerra e Marçal (2006, p.129) o mapeamento geomorfológico constitui-se em um “importante instrumento de análise ambiental, apresentando, através de metodologias apropriadas, informações que vão subsidiar propostas de planejamento e preservação de áreas rurais e urbanas”.

Nas palavras de Ross (1990) destaca-se que os mapas geomorfológicos podem ter outras utilidades, sobretudo no âmbito das questões ambientais, cujas análises geomorfológicas prescindem dos mapeamentos. “Esses mapeamentos, juntamente com outras disciplinas e outros mapas, servem para definir zoneamentos ambientais e suas diretrizes, dentro de um contexto de planejamento ambiental de espectro geográfico, ou seja, espacializado em determinado território”.

Diante das informações expostas, fica evidente, a necessidade de uma adequada política de planejamento e, conseqüentemente, um arranjo territorial levando em conta as influências das variáveis antrópicas no meio físico. Pensando nisso, a presente pesquisa traz uma proposta metodológica de zoneamento geoambiental, que integra os estudos geomorfológicos com os usos da ocupação humana.

Há que se considerar, o aperfeiçoamento das técnicas operacionais para o desenvolvimento de zoneamentos, onde diversos autores (Argento, 1994; Botelho, 1999; Xavier da Silva, 2005) apontam para a crescente utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) nas questões ambientais, fruto da rápida evolução computacional, associada à demanda por eficientes sistemas de armazenamento e processamento de dados e informações.

No livro *Geomorfologia, conceitos e tecnologias atuais*, Florenzano (2008), organiza uma série de metodologias clássicas e trabalhos recentes, que exemplificam o uso de imagens de satélites e de radar (SRTM), para o desenvolvimento de estudos dentro da geomorfologia. A autora ressalta que até hoje, não existe um método unificado internacional para o mapeamento geomorfológico, como ocorre com as cartas geológicas. Isso se deve a complexidade e variedade dos objetos estudados pela Geomorfologia e a conseqüente dificuldade em classificá-los.

Nesta linha de trabalho, cita-se o estudo de cartografia do relevo, desenvolvido na região oeste de Minas Gerais, por Oliveira e Rodrigues (2007), o qual utiliza as novas técnicas obtidas a partir do modelo digital de elevação do SRTM, buscando interpretar informações da geomorfologia.

Os autores citados ressaltam que a utilização de técnicas e métodos modernos não deve inibir o poder crítico do pesquisador, o qual deve estar ancorado em uma base teórica sólida e conceitual de seu campo de investigação, baseando-se também nas considerações epistemológicas.

No mesmo sentido, utilizando as palavras de Ross (1990) demonstra-se que outros problemas podem inviabilizar as propostas de zoneamento “apesar de os recursos tecnológicos atuais permitirem superar quase que toda e qualquer dificuldade que a diversidade e complexidade dos ambientes naturais impõem, nem sempre sua plena aplicação é viável economicamente ou politicamente interessante”.

2.4.3 Cartografia Geoambiental: Contribuições Teóricas e Metodológicas

O mapeamento geoambiental como instrumento para o planejamento e regulação do uso e ocupação do meio físico foi se expandindo pelo mundo através de diversas metodologias, sobretudo as desenvolvidas nos países da Europa. Este tipo de mapeamento quando associado às questões geomorfológicas trazem resultados mais precisos e satisfatórios para o zoneamento.

A partir do século XX, notou-se uma evolução crescente dos procedimentos de mapeamento. Este novo período é marco inicial do desenvolvimento da cartografia geotécnica no mundo, tendo como base uma série de trabalhos de intervenção antrópica desenvolvidos na Alemanha, após 1913.

Nos anos 70, mas especialmente a partir do princípio dos anos 80, os EUA desenvolvem a cartografia geoambiental, com o objetivo de dar respostas às necessidades de preservação e gestão do ambiente (CARVALHO, 2004).

É importante enfatizar que, a divisão de uma determinada área em classes de terreno hierarquizadas a partir de características gerais tem sido muito utilizada nos mapeamentos geotécnicos. Por esse motivo, serão abordadas algumas metodologias que tratam da questão da geotecnia, aproximando a discussão para a cartografia geoambiental, objetivo deste estudo.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo - IPT, no ano de 1974, foi um dos pioneiros na elaboração de documentos cartográficos e no uso de informações geotécnicas, no Brasil. O IPT elaborou trabalhos a respeito dos problemas e situações específicos, relativos ao meio físico e voltado para a sua solução rápida. A metodologia empregada pelo instituto compreende a elaboração de mapas através de atributos e parâmetros do terreno, sendo base fundamental para a elaboração deste estudo.

A metodologia de mapeamento geotécnico desenvolvida pela Escola de Engenharia de São Carlos/USP, proposta inicialmente por Zuquette (1987), tem como objetivo elaborar uma série de documentos cartográficos sobre o meio físico que associado a outros documentos relativos ao meio ambiente, permite uma avaliação da ocupação antrópica e suas consequências, através da hierarquização das áreas quanto a sua adequabilidade.

Essa metodologia procura sintetizar todas as informações colecionadas e produzidas em uma Carta de Zoneamento Geoambiental, por meio da reclassificação das unidades de terreno do mapa de *landforms*.

A criação da Comissão de Cartografia Geotécnica e Geoambiental resultou das diversas discussões ocorridas por ocasião dos simpósios e congressos (SBCG e CBGE). No intuito de estimular o avanço do conhecimento técnico científico da Cartografia Geotécnica e Geoambiental nas questões relacionadas à sua produção e aplicação no Brasil, a comissão foi estruturada com base nas diretrizes gerais definidas na reunião do 4º SBCG (Brasília, 2001), e formalizada em 2002, por ocasião do 10º CBGE em Ouro Preto.

Conforme Zuquette e Gandolfi (2004), o processo de mapeamento geotécnico, tem como rotina fundamental a divisão da área em unidades, conforme a variação de seus atributos. As unidades, por hipótese, representam volumes com heterogeneidade mínima quanto aos atributos utilizados e as suas condições geotécnicas e ambientais são diferentes em decorrência da evolução geológica, geomorfológica e climática.

O método de avaliação do terreno conforme proposta de Lollo (1996) baseia-se no reconhecimento, interpretação e análise de feições do relevo (*landforms*)⁸ as quais, sendo reflexo dos processos naturais atuantes sobre os materiais da superfície terrestre, refletem as condições dos mesmos.

Nos últimos anos, vêm ganhando força às discussões a respeito dos zoneamentos geoambientais, principalmente, pela importância que vem tendo como instrumento estratégico para o planejamento regional, com forte vinculação ao parcelamento do solo e definições de usos.

Um dos precursores dos trabalhos de cartografia geoambiental foi Cendrero (1975) que realizou no norte da Espanha, um mapeamento geológico-ambiental baseado na metodologia e conceitos empregados pelo Departamento de Geologia Econômica do Texas. O produto final foi a confecção de um mapa geológico-ambiental que pode ser utilizado no planejamento, principalmente na definição das unidades para disposição de lixo, preservação ambiental e áreas adequadas à construção.

Conforme Cendrero (2004), as metodologias utilizadas para o desenvolvimento dos mapas geoambientais podem levar em consideração o

⁸ “Porção do terreno originada de processos naturais e distinguíveis das porções vizinhas (demais *landforms*) em pelo menos um dos seguintes elementos de identificação: forma e posição topográfica, frequência e organização dos canais, inclinação das vertentes, e amplitude do relevo” (LOLLO, 1996, p.54).

enfoque analítico, que se utiliza da cartografia temática, ou o enfoque sintético, que segundo o autor, apresentam as seguintes diferenças:

The analytical approach considers the earth surface as the result of a “vertical overlay” of a series of environmental features or components (subsoil, soil, land cover, active processes, human elements, etc). Accordingly, it is represented by means of a series of thematic maps depicting those features separately. Thematic maps can later be combined in various ways to obtain different types of assessments.

The synthetic approach considers the Earth surface as a mosaic formed by the “horizontal joining” of a series of pieces as in a puzzle. Integrated, “homogeneous” map unit are thus defined, represented and assessed for different purposes (CENDRERO, 2004, p. 526).

Os instrumentos de análise e síntese serão utilizados no decorrer da pesquisa. O enfoque sintético é empregado através da construção de um mapa síntese representando as estruturas, os processos e os respectivos fatores que definem a paisagem presente na área.

Os zoneamentos ambientais costumam ser organizados dentro de uma estrutura que envolve levantamento e pesquisa, análise e síntese e têm início quando objetivos e metas são estabelecidos. Os dados obtidos são reunidos e organizados de forma a facilitar sua interpretação. A análise é feita de modo integrado, para compreender o meio estudado, e a síntese se refere à caracterização da vulnerabilidade e potencialidade, dos acertos e conflitos.

A elaboração dos mapas geoambientais consiste na associação de mapas temáticos, entre os quais se destacam o Geológico, o Geomorfológico, o Pedológico, o Litológico, o de Declividade, a Drenagem e o Uso e Ocupação do Solo. A síntese dos mapas temáticos e a integração dos parâmetros para a definição adequada dos limites de cada unidade são facilitadas pelas ferramentas de cartografia digital e (SIG) Sistemas de Informação Geográfica (FIORI, 2004).

Carvalho (2004, p. 567) afirma que “as cartas geoambientais são cartas temáticas, preparadas para fins específicos, podendo ser editadas isoladamente ou reunindo diferentes cartas nos designados Atlas Geoambientais”.

Para Fiori (2004, p.287), o objetivo dos mapeamentos geoambientais é a “compartimentação do território com base nas características do geoambiente, suas inter-relações e relações com o meio biológico e com as atividades antrópicas, colocando em evidência as suas potencialidades e restrições de uso”.

Como exemplo da aplicação desses mapeamentos, cita-se o trabalho desenvolvido por Souza *et al.* (2005) o qual utiliza a cartografia geoambiental, como

suporte para a elaboração do Plano Diretor Ambiental e Urbanístico de Mariana, no estado de Minas Gerais, implantado no ano de 2003. O trabalho teve como objetivo, agregar informações sobre o meio físico (compiladas e produzidas) num único documento, gerando assim uma base de dados cartográficos georreferenciados, na escala de 1:50.000, sendo importante subsídio para o ordenamento territorial do município.

Outros exemplos de aplicação da cartografia ambiental foram apresentados no evento de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, nos anos de 2004 e 2007. Entre esses trabalhos, merecem destaque os que tratam especificamente de bacias hidrográficas, como Menezes e Zuquette (2004), que realizaram um estudo denominado de *Avaliações metodológicas em estudos geoambientais de bacias hidrográficas: a Bacia do Rio Pardo*. O objetivo do trabalho foi avaliar procedimentos metodológicos e analisar informações do meio físico para estudos geoambientais em bacias hidrográficas.

As reflexões acerca do mapeamento de unidades geoambientais foram trazidas neste mesmo evento por Higashi (2004) que apresentou uma caracterização das unidades geoambientais de São Francisco do Sul, no Estado de Santa Catarina, com a finalidade da previsão do comportamento das unidades de solos.

Já em 2007, os trabalhos que se destacam dentro dessa temática, são o *Diagnóstico Geoambiental da Bacia do Córrego Tenente – Mariluz/PR*, desenvolvido por Souza, Gasparetto e Nakashima (2007), que define através de mapeamentos na escala 1:50.000, o zoneamento geoambiental. E o trabalho intitulado *Zoneamento geoambiental em áreas rurais. Subsídios ao planejamento de projetos de reforma agrária. Estudo de caso: assentamento rural Pirituba II, (SP)*, de autoria de Shimbo e Jiménez-Rueda (2007), que apresentam um estudo com base na fotointerpretação de produtos de sensores remotos e trabalhos de campo, visando detalhar as informações ambientais de drenagem, geologia estrutural, fisiográficas e pedológicas, que permitiram estabelecer as zonas geoambientais.

As metodologias trazidas nessa discussão são as que mais se aproximam da proposta desse estudo, no sentido de trazer alguns elementos que serão importantes para a definição das unidades geoambientais presentes na área.

Conforme Vedovello (2004), a cartografia geoambiental é um importante subsídio à gestão ambiental, em termos de definição de políticas públicas,

planejamento e gerenciamento dos espaços e recursos naturais.

A cartografia geoambiental surge como forma de buscar a avaliação das potencialidades dos recursos naturais, e, conforme Amaral e Ross (2004), ocorre a necessidade de relacionar os dados de geologia, geomorfologia, pedologia, clima, vegetação e uso da terra. A análise da fragilidade dos ambientes e as possíveis propostas de uso sustentável ocorrem através da avaliação integrada desses fatores.

A contribuição desses trabalhos representa uma aproximação das metodologias desenvolvidas em outros locais com as propostas de mapeamento geoambiental no oeste do Rio Grande do Sul, de forma a contribuir com a temática de estudo.

O zoneamento geoambiental pode ser caracterizado como um instrumento de auxílio no planejamento e no ordenamento territorial seja em escala regional ou local. Dentro desta ótica Grecchi (1998) afirma que os estudos de natureza geoambiental possibilitam a caracterização de áreas quanto as suas aptidões e restrições às atividades já em desenvolvimento e/ou prováveis de serem implantadas, além de indicar porções do terreno com uma maior qualidade ambiental que possam ser preservadas.

Por esse motivo, pretende-se aplicar uma metodologia de zoneamento geoambiental que tem como premissa a compartimentação da paisagem com base nas características do geoambiente⁹, suas inter-relações e relações com as atividades antrópicas, colocando em evidência as suas potencialidades e restrições de uso.

Vale destacar ainda, que a proposta de zoneamento geoambiental aqui apresentada refere-se ao parcelamento de um determinado espaço geográfico e tem seu direcionamento na determinação das fragilidades e potencialidades ambientais das paisagens, sem necessariamente ser previsto um tipo de uso exploratório para a mesma. Podendo, se necessário, sugerir que a aptidão de determinadas áreas seja manter-se preservada.

Trata-se, portanto, de um instrumento cuja finalidade é auxiliar a formulação de estratégias de desenvolvimento, o que possibilita a visualização, por meio de

⁹Entende-se por geoambiente as paisagens que foram afetadas por atividades humanas, as quais compreendem rochas, solos, fluidos, gases, organismos. Como todos esses elementos são influenciados pela atmosfera, clima e cobertura vegetal pode-se concluir que a reflexão do geoambiente só é possível com um número elevado de documentos cartográficos que espacialize as ocorrências de determinados fenômenos.

mapas elaborados em escala 1:50.000, da distribuição das áreas suscetíveis a processos naturais e também das áreas com maior ou menor potencial para a implantação de atividades, sempre em função da capacidade de suporte do meio.

Dentro da linha de mapeamento geoambiental na região da pesquisa, destaca-se o trabalho desenvolvido por Trentin (2007) denominado *Definição de unidades geoambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Itu*, o qual emprega a metodologia apresentada por Trentin e Robaina (2005) no XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física aplicada.

O zoneamento geoambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio Miracatu foi finalizado no ano de 2007 por De Nardin, e representa um estudo integrado das informações do meio físico associados à ocupação humana, com ênfase para as questões dos processos de degradação da área.

O Atlas Geoambiental de São Borja elaborado e apresentado por Robaina *et al.* (2007) representa a concretização de intensos trabalhos de campo e laboratório realizado pela equipe do Laboratório de Geologia Ambiental da UFSM em parceria com a prefeitura de São Borja. O material representa importante base para o planejamento e gestão municipal, uma vez que abarca um zoneamento levando em consideração vários elementos constituintes da paisagem.

Mais recentemente, destacam-se os estudos na linha de zoneamento desenvolvidos na área interfluvial dos rios Ibicuí e Jaguari em São Vicente do Sul por Reckziegel e Robaina (2008) e na bacia hidrográfica do Arroio Curuçu localizada nos municípios de Santiago e Nova Esperança do Sul por Bazzan e Robaina (2008).

2.4.4 O uso e a ocupação das paisagens na metodologia geoambiental

Uso e ocupação das terras é um tema básico para o planejamento ambiental, pois retrata as atividades humanas que podem diagnosticar os impactos e as pressões sobre os elementos naturais.

A literatura tem demonstrado que os ambientes naturais, no sentido estrito, são exceção, pois as diferentes paisagens da Terra são afetadas na sua própria estrutura e seu funcionamento pelas sociedades sucessivas. Nas palavras de Ab' Sáber (1998), percebe-se que as paisagens naturais ganham novas características a partir da ocupação humana.

A produção de um espaço humanizado não é feita no ar. Muito ao contrário, campos cultivados, cidades e metrópoles, estabelecimentos industriais, rodovias e caminhos são implantados sobre um suporte territorial, ou seja, sobre um suporte físico e ecológico que possui uma compartimentação topográfica, projetando-se por um chão dotado de rochas alteradas, formações superficiais e um mosaico de solos (AB'SABER, 1998, p. 34).

Dentro da metodologia de zoneamento geoambiental, a identificação da ocupação e dos usos da terra possibilita entender como se estabelecem as relações sociais tendo como palco o substrato natural. As informações descrevem não apenas a situação atual, mas as mudanças recentes e o histórico de ocupação da área de estudo.

A esse respeito, considerando a dinâmica da ocupação, a utilização de imagens de satélite tornou possível o acompanhamento periódico da vegetação e dos diferentes usos da paisagem.

2.4.4.1 Os usos desenvolvidos no oeste do Rio Grande do Sul

As paisagens do setor de contato da Depressão Periférica com o Planalto, especificamente nos municípios de São Francisco de Assis e Manoel Viana, apresentam de acordo com Verdum (2004), características originais que se manifestam em escalas variadas de observação.

Entre estes dois recortes estão assentadas situações de usos que refletem o processo histórico de ocupação dessa região. Por muito tempo, a estrutura exploratória desses municípios manteve de um lado, os pecuaristas que se estabeleceram nas paisagens da Campanha, e de outro os agricultores imigrantes europeus estabelecidos, em grande parte, nas encostas do Planalto.

De acordo com a delimitação dos compartimentos da paisagem definida por Verdum (1997) a agricultura se desenvolvia mais intensamente no *terroir*¹⁰ do Rebordo do Planalto e nos Campos Limpos da Depressão Periférica, enquanto a pecuária distribuía-se tanto nos Campos da Depressão como no *terroir* dos Campos Limpos do Alto Planalto.

Atualmente, com o incremento da silvicultura, novas questões estão sendo introduzidas no cenário da fronteira oeste, demonstrando que o processo de

¹⁰Definição publicada por (Deffontaines, 1998) para identificar os recortes espaciais onde aparecem os diversos componentes da paisagem: as condições do meio, as coberturas vegetais, os dispositivos mais ou menos perenes que marcam a ocupação do território e as marcas das práticas agrícolas que diferenciam os grandes sistemas agrários desenvolvidos (Verdum, 2004).

ocupação humana tem oportunizado mudanças significativas na paisagem local. Para exemplificar as mudanças ocorridas no sistema agrário da região, cita-se o trabalho de Mósená (2006), no qual foram identificados três sistemas agrários que se desenvolveram no município de São Francisco de Assis, após 1885, que se subdividem em: Sistema Agrário Expansionista (1885-1965), onde a pecuária divide espaço com uma diversificação da agricultura; Sistema Agrário “Modernizador” (1965-1990), período marcado pela intensificação e modernização da agricultura e Sistema Agrário Atual (a partir de 1990), definido como o período da verticalização da paisagem, devido à expansão da silvicultura associada à contensão dos areais.

A autora indica ainda, que os usos desenvolvidos dentro dos sistemas agrários, têm contribuído de forma diferenciada para o agravamento dos processos de arenização em São Francisco de Assis.

Em trabalho recente, realizado por Ribeiro (2008), na microbacia Sanga da Areia localizada no município de São Francisco de Assis, foram mapeados os três sistemas agrários, destacando o período de 1965 e 1975 como os representativos do término do período expansionista da agricultura e o auge do período modernizador da agricultura, respectivamente. Entre as transformações na paisagem, desenvolvidas nas últimas décadas, o autor destaca o plantio de pastagens temporárias e exóticas (principalmente a braquiária e a pangola), os cultivos de soja e aveia em sucessão e, a introdução de espécies florestais exóticas (pinus e eucalipto), utilizados para silvicultura.

Por outro lado, estudos que visam diagnosticar os usos atuais do Estado, sem apresentar necessariamente uma relação com o período histórico, vêm sendo realizado através das ferramentas do sensoriamento remoto. Como exemplo, cita-se o Macrozoneamento do Estado do Rio Grande do Sul (Guasselli *et al.*, 2006) realizado por um grupo de pesquisadores do Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia – CEP SRM/UFRGS. Esse trabalho define as zonas de uso e cobertura do solo no ano de 2001, identificando para a porção de estudo, os campos sujos, as florestas e as áreas agrícolas.

Em escala mais detalhada, vem sendo produzidos trabalhos que integram as técnicas atuais com as investigações de campo no Laboratório de Geologia Ambiental, buscando mapear os usos de bacias hidrográficas localizadas no oeste do Estado. Em trabalho realizado por Trentin e Robaina (2008) na Bacia do Rio Itú,

foram levantadas informações recentes da inserção de plantas exóticas (*Pinus*) nos areas localizados nas nascentes do Puitã.

No estudo desenvolvido por Bazzan e Robaina (2008) na bacia do Curuçu, localizada no município de Santiago e Nova Esperança do Sul, foram identificados os usos e a cobertura vegetal e priorizadas as relações dos usos com a legislação ambiental.

2.5 Os elementos que compõem a paisagem do oeste do Rio Grande do Sul

A paisagem do oeste/sudoeste do Rio Grande do Sul é tema de diversos trabalhos de descrição e análise, que caracterizam a região, e foram realizados inicialmente por viajantes que percorreram o estado. Entre eles destaca-se Balduino Rambo, que ao passar pela região da campanha descreveu minuciosamente a paisagem, dando destaque para os rios, entre eles o Rio Ibicuí, importante rio da região:

[...] Quase sem desnível, suas águas, já sem vestígio daquela belicosidade que caracteriza seus galhos provindos da Serra Geral, contornam os areas que elas próprias amontoaram, espelhando com toda a nitidez as galerias da vegetação ribeirinha. Para o oeste o rio se perde na paisagem brumosa destituída de linhas de orientação, para receber os arroios pantanosos ao norte de Itaqui e depois se unir ao escoadouro comum do Uruguai. É por este caminho que foram exportadas três quartas partes dos sedimentos antigos (RAMBO, 1956, p. 149).

A compartimentação geomorfológica realizada por Chebataroff (1954) citada por Müller Filho (1970) identificou quatro províncias geomorfológicas encontradas no oeste do Rio Grande do Sul, que se dividem em Planalto, Depressão Periférica e uma área de transição entre estas duas províncias denominada Rebordo e a Cuesta de Haedo. Essa divisão geomorfológica regional está condicionada a características distintas de relevo e geologia, associadas à transição de cada compartimento.

O Rio Grande do Sul é uma porção de grande diversificação topográfica e geológica do Brasil Meridional, isso levou Ab'Sáber (2003), classificar o território gaúcho em três grandes compartimentações morfoclimáticas, divididos em Planaltos subtropicais com araucárias, áreas mamelonares tropical-atlânticas florestadas e coxilhas subtropicais com pradarias mistas, além de uma faixa de transição interligando cada domínio.

No mapa geomorfológico proposto pelo autor em 1960, o Rio Grande do Sul foi dividido em em *Planaltos sedimentares*, chapadões e cuevas e *Planaltos basálticos*, chapadões e escarpas estruturais, para Ab'Sáber (2003, p. 108) ao sul do vale do Ibicuí, em pleno sudoeste gaúcho, estende-se o bloco mais rebaixado dos planaltos arenítico-basálticos da região sul. Os outros compartimentos dividem-se em *Depressão Periférica* úmida (colinas e coxilhas), *Escudos* expostos e *Planícies*.

Um dos maiores trabalhos de mapeamento do relevo foram realizados pelo Projeto RadamBrasil, com início em 1973 onde através de levantamentos sistemáticos e simultâneos dos recursos naturais, incluindo geologia, geomorfologia, solos, vegetação além de interpretação de imagens de radar e satélite. Os trabalhos desenvolvidos produziram informações relevantes para a definição de formas homogêneas de relevo. Destaca-se ainda, o mapa geomorfológico produzido pelo RadamBrasil-IBGE, atualizado em 2003, em escala 1:250.000, representando um importante banco de informações sobre o relevo do território.

Quanto à geologia, destacam-se os trabalhos pioneiros de Maciel Filho, Menegotto e Sartori (1971), que investigaram a geologia do município de São Francisco de Assis, constatando que as rochas presentes no município pertenciam à Bacia do Paraná, e eram definidas como Formação Santa Maria, Formação Botucatu, Formação Serra Geral e depósitos quaternários (terraços e aluviais recentes). O mapa geológico de Carraro *et al.* (1974), na escala 1:1000.000, definiu as províncias arenítico-basálticas. As autoras Montargo e Benaduce (1984), em estudos na região oeste, mais precisamente no município de Alegrete, classificaram os sedimentos arenosos, onde ocorrem os areais, como sendo de origem fluvial, pertencentes à Formação Caturrita.

Veiga, Medeiros e Suertegaray (1987), definem, além das formações mesozoicas, duas sequências de material arenoso quaternário, uma de origem fluvial friável e outra de origem eólica. Medeiros, Müller Filho e Veiga (1989) realizando pesquisa nos municípios de São Francisco de Assis e Alegrete comprovaram os trabalhos anteriores que definem a presença de depósitos cenozoicos na região oeste.

Estudos realizados por Lavina e Scherer (1997, *apud* SCHERER *et al.*, 2002) apresentaram com base em um mapeamento geológico sistemático da região oeste

do Estado, algumas alterações acerca da estratigrafia das unidades Mesozoicas. Entre as novas investigações trazidas, merece destaque a seguinte informação:

(...) os depósitos flúvio-lacustres das Formações Santa Maria e Caturrita e do arenito Mata não estão presentes, ocorrendo no seu lugar (entre as Formações Sanga do Cabral e Botucatu), um espesso pacote de arenitos quartzosos esbranquiçados, cujo posicionamento estratigráfico permaneceu indefinido durante muito tempo. [...] detalharam o mapeamento geológico do pacote arenoso, estendendo a sua ocorrência para o norte até o município de Jaguari, onde é interceptado por um sistema de falhas NW-SE, que delimita sua área aflorante (SCHERER *et al.*, 2002, p. 339).

Com base nessas investigações, Scherer e Lavina (1997, *apud* SCHERER *et al.* 2002), definiram os arenitos finos de origem fluvial como pertencente à unidade denominada Formação Guará, com idade Mesozoica.

Trabalhos específicos sobre as litologias da área, em escala 1:50.000, foram realizados por Trentin e Robaina (2006) na Bacia Hidrográfica do Itú e De Nardin e Robaina (2007) na Bacia Hidrográfica do Arroio Miracatu. Por serem estudos realizados em bacias contíguas, os autores fizeram referência a um soerguimento¹¹, evidenciado pelo aparecimento de litologias com posição estratigraficamente inferior aos derrames vulcânicos, mas que afloram em altitudes semelhantes aos derrames, provavelmente, segundo os autores, devido à movimentação tectônica e à erosão.

Com relação aos estudos sobre o clima da região, realizado por Nimer (1977), o oeste foi definido dentro de uma região subtropical, com ocorrência de um clima mesotérmico brando superúmido, apresentando invernos frios, verões quentes e inexistência de estação seca. As determinações climáticas segundo o autor correspondem às condições dadas pela latitude e continentalidade.

Em um estudo do potencial climático do oeste do Rio Grande do Sul, Verdum (1997) afirma que a região apresenta uma pluviometria anual média de 1.400 mm, revelando a inexistência de condições de aridez.

O Atlas de Arenização, desenvolvido por Suertegaray *et al.* (2001) representa importante contribuição para a caracterização da fragilidade do oeste do Rio Grande do Sul.

De acordo com o levantamento de solos do Estado do Rio Grande do Sul, realizado pelo Ministério da Agricultura Brasil (1973) e modificado por Streck *et al.* (2002 e 2008), em escala 1:750.000, ocorrem na região os Neossolos, Argissolos, Chernossolos, Planossolos, Cambissolos e a predominância de Latossolos variando

¹¹ Este soerguimento pode estar associado ao Domo do Itu identificado por Carraro *et al.* (1974).

sua estrutura quanto ao teor de argila e areia.

Trabalhos mais específicos do solo, na região, foram realizados por Klamt e Schneider (1995), os quais definiram os solos susceptíveis a erosão eólica e hídrica na região da campanha, mais precisamente realizando um estudo em uma área teste ao norte de Manoel Viana.

Verdum (2004) caracteriza o potencial ecológico e a utilização social da natureza de um setor de contato da Depressão Periférica e do Planalto do estado. Neste estudo que contempla os municípios de São Francisco de Assis e Manoel Viana, são apresentados três conjuntos das paisagens, os “terroirs” definidos pelo autor, que se dividem em: campos limpos do alto Planalto; os rebordos inclinados e florestados do Planalto; e os campos limpos da Depressão Periférica. Além de apresentar a diversidade das atividades econômicas, o autor apresenta os processos morfogenéticos de cada compartimento.

Destaca-se, também, os trabalhos do Laboratório de Geologia Ambiental da UFSM que vem desenvolvendo atividades de mapeamento na região oeste do estado, utilizando como limite espacial as bacias hidrográficas e os limites municipais. Nestes estudos de enfoque geomorfológico, têm-se determinado às formas do relevo, substrato litológico e as características físicas dos solos, além de identificar a atuação de processos de dinâmica superficial.

Cita-se o trabalho desenvolvido por Paula (2006), que trata de mapeamentos litológicos e descrição de feições na região oeste; os estudos geomorfológicos da Bacia Hidrográfica do Arroio Miracatu, de De Nardin e Robaina (2006) e o trabalho de Bazzan e Robaina (2006) definindo as unidades geológicas-geomorfológicas da Bacia Hidrográfica do Curuçu.

Recentemente, o trabalho de compartimentação geomorfológica da bacia do Ibicuí, desenvolvido por Robaina *et al.* (2008), integrou os estudos desenvolvidos na bacia que caracterizavam as formas e feições do relevo, substrato litológico e solos, além dos processos de dinâmica superficial, através de uma escala regional, e utilizando uma proposta taxonômica de 3 níveis.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E OPERACIONAIS

“(...) ao tratar a questão ambiental, esquecendo-se do homem como ser social e agente modificador dos ambientes naturais ou, ao contrário, tratar o social, desmerecendo o ambiental é negar a própria essência do homem – sua inteligência.”
Jurandir Ross

Tendo em vista os objetivos e as principais etapas da pesquisa elencadas no fluxograma (Figura 2), considera-se pertinente apresentar neste capítulo a descrição dos procedimentos metodológicos e operacionais utilizados, bem como as técnicas e materiais que serviram de apoio para sua execução, por intermédio dos quais se explicará o encaminhamento da proposta de Zoneamento Geoambiental.

O desenvolvimento do presente estudo teve como referencial metodológico os pressupostos teóricos e conceituais que tratam da integração dos elementos da sociedade e natureza. Ressalta-se que em pesquisas no âmbito das ciências ambientais, o emprego de metodologias geográficas pode contribuir para as atividades de planejamento ambiental no que concerne à delimitação e à análise integrada dos elementos do meio.

3.1 Procedimentos Metodológicos

Enquanto concepção teórica, a metodologia adotada nesta pesquisa empregou o método de investigação da abordagem sistêmica, tendo como base a proposta de Christofletti (1980).

Para a execução da proposta de Zoneamento Geoambiental, os procedimentos utilizados foram enquadrados nos quatro níveis da pesquisa geográfica propostos por Libault (1971), que se dividem em nível compilatório, nível correlatório, nível semântico e nível normativo. Como a metodologia de Libault se restringe ao uso de dados quantitativos com representação essencialmente cartográfica, buscou-se as orientações propostas por Ab'Sáber (1969) e Ross (1990) para a compreensão do caráter empírico e geomorfológico presentes na pesquisa.

Assim, procedeu-se à investigação através dos dois níveis de tratamento para pesquisas, conforme proposto por Ab'Sáber (1969), que se subdividem: na compartimentação da topografia e descrição das formas de relevo; e no conhecimento da estrutura superficial da paisagem e dos materiais que dão sustentação às formas.

Para um último nível de investigação geomorfológica, procurou-se estabelecer hierarquias tendo como base a proposta taxonômica de Ross (1990 e 1992).

A respeito do zoneamento geoambiental, foram utilizadas as concepções da cartografia geoambiental adotada por Zuquette (1987, 1993), o qual afirma ser “um processo que tem por finalidade básica levantar, avaliar e analisar os atributos que compõem o meio físico seja, geológicos, hidrológicos e outros”.

O estudo seguiu a indicação de Cendrero (2004), o qual propõe a escala 1:50.000 (meso), como adequada para a elaboração dos mapeamentos temáticos, por oferecer o nível de detalhe eficiente para estudos dessa natureza - o Zoneamento Geoambiental – sendo uma etapa intermediária para as propostas que tenham como premissa o planejamento e a gestão ambiental.

A elaboração de mapas temáticos dentro dos estudos geográficos representa importante fase para o entendimento da evolução dos ambientes naturais, relacionados às formas, gênese e processos.

O conjunto dos procedimentos técnicos e operacionais que foram aplicados durante a pesquisa encontra-se esquematizado na figura 2, onde buscou-se desenvolver uma caracterização e interpretação da paisagem de forma integrada e sistemática.

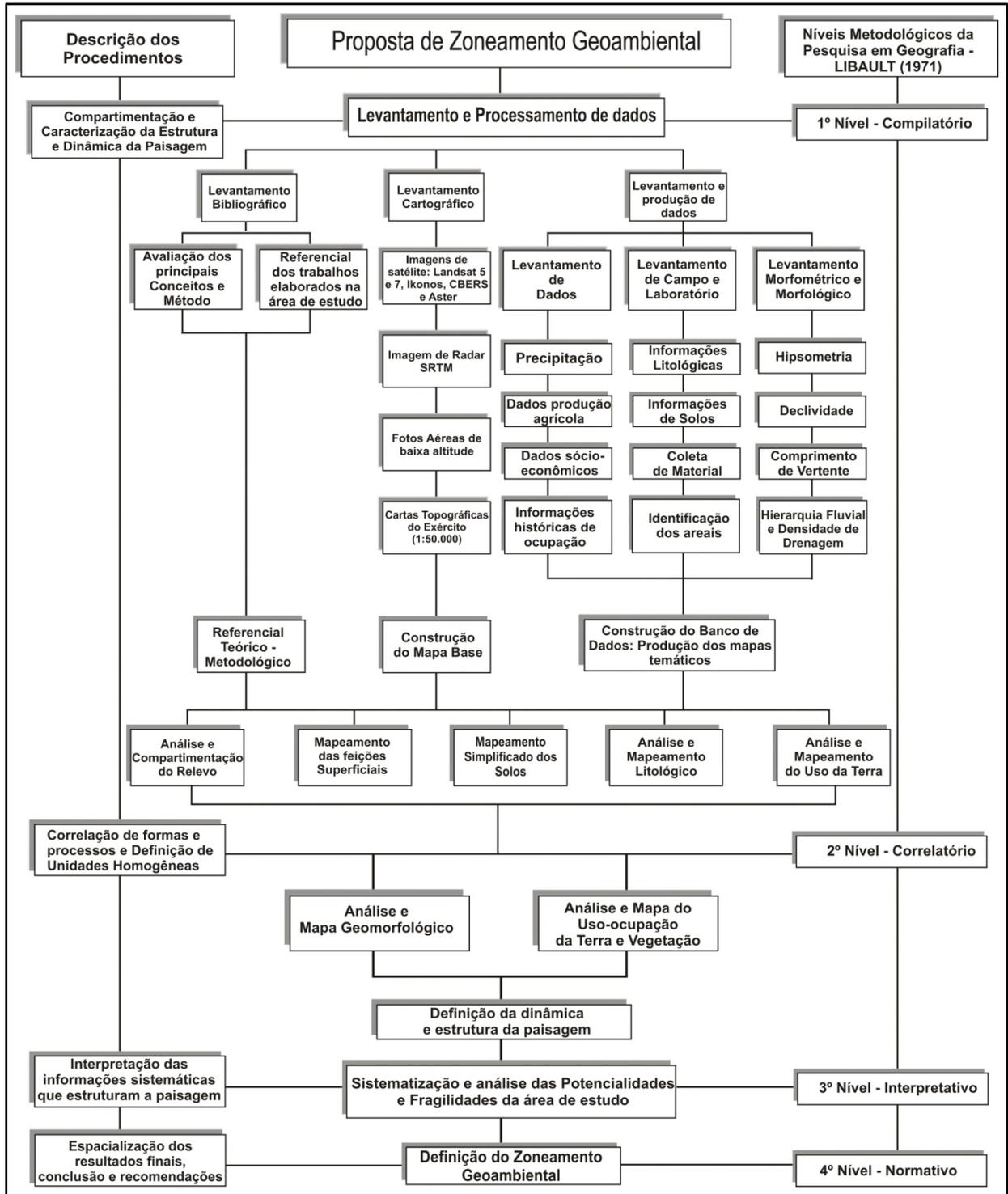


Figura 2: Etapas da metodologia e dos procedimentos operacionais adotados na proposta de Zoneamento Geoambiental.
Elaboração: De Nardin, 2009.

3.2 Operacionalização da Pesquisa

A operacionalização da pesquisa encontra-se atrelada à técnica. Por esse motivo, os procedimentos técnico-operacionais referem-se às atividades desenvolvidas durante a pesquisa, e servem de subsídio para alcançar os objetivos propostos e apoiar a aplicação do método. Os procedimentos técnicos operacionais descritos a seguir seguem as 4 etapas baseadas em Libault (1971).

3.2.1 Primeira etapa: Levantamento e Processamento dos dados

A primeira etapa da pesquisa representa o nível compilatório de Libault (1971), que se caracteriza pelo levantamento dos dados, pesquisas bibliográficas, e informações sobre o material cartográfico disponível para a área de estudo. Neste momento, ao ser feita a seleção (compilação) das informações coletadas foi necessário ter o conhecimento teórico-conceitual para não desprezar informações que pudessem inviabilizar a pesquisa e serem significativas para atingir os objetivos propostos.

O levantamento dos dados foi realizado através de trabalhos de campo, laboratório e pesquisas secundárias.

3.2.1.1 Levantamento Bibliográfico e Cartográfico

O levantamento bibliográfico acompanhou todas as etapas da pesquisa, sendo realizado através da consulta, leitura e seleção de uma série de bibliografias relacionadas à temática e também trabalhos específicos sobre a área de estudo. Dessa forma, o levantamento bibliográfico foi dividido em: Referencial teórico-metodológico, realizado para apoiar os procedimentos técnico-operacionais da pesquisa; e bibliografia específica sobre a área de estudo.

Pesquisas complementares, direcionadas para o entendimento de cada procedimento executado durante os levantamentos, foram efetuadas no decorrer de cada etapa até a finalização da pesquisa.

O levantamento cartográfico serviu de apoio para a construção dos mapas. A base cartográfica utilizada foram as cartas topográficas elaboradas pela Diretoria de Serviços Geográfico (DSG/IBGE, 1977 e 2007) do Ministério do Exército, na escala

1:50.000, que após serem atualizadas permitiram a definição do mapa base da área de estudo.

A área de estudo abrange sete cartas topográficas definidas pela seguinte denominação e nomenclatura: Caraguataí (SH. 21-X-D-I-3), Vila Kramer (SH. 21-X-D-I-4), Manoel Viana (SH. 21-X-D-IV-1), São Francisco de Assis (SH. 21-X-D-IV-2); Chalé (SH. 21-X-C-III-3), Arroio Piraju (SH. 21-X-C-III-4), Passo Novo (SH. 21-X-C-VI-2).

O mapa base representa as informações da fisionomia dos diferentes elementos e formas que configuram a topografia. Esses elementos compreendem as curvas de nível, os pontos cotados e a rede de drenagem. A rede de drenagem sofreu atualizações através das imagens de satélite recentes.

As imagens de satélite dos sensores Landsat 5 TM e 7 ETM+, CBERS 2B, Aster, Ikonos, os modelos digitais de elevação do SRTM, e fotografias aéreas de baixa altitude integraram o material cartográfico disponível para a execução da pesquisa.

Trabalhos específicos de mapeamento que abrangem a área de estudo, como o Projeto RADAMBRASIL, IBGE (1973, 2003), o mapeamento de solos realizado por Streck *et al.* (2002 e 2008), e os estudos mais específicos de Verdum (1997) além do Atlas de Arenização desenvolvido por Suertegaray *et al.* (2001) e o mapeamento geoambiental da Bacia Hidrográfica do Itu, apresentado por Trentin (2007), também auxiliaram o desenvolvimento do trabalho.

3.2.1.2 Levantamento e produção de dados

O levantamento e a produção dos dados primários e secundários ocorreram de formas distintas. Para o levantamento morfométrico/morfológico do relevo e da rede de drenagem, foram necessários alguns procedimentos técnicos com o auxílio de *softwares* e a análise das cartas topográficas e modelos digitais de elevação. Este primeiro levantamento oportunizou a caracterização da hipsometria, declividade, comprimento de vertente, amplitude, hierarquia fluvial, densidade de drenagem, entre outros elementos.

Nos levantamentos de campo, foram observadas as características do meio físico e as condições de uso e ocupação, além de serem coletados materiais rochosos e amostras de solos e sedimentos para serem analisados em laboratório.

Os dados processados foram localizados com GPS (Sistema de Posicionamento Global) servindo de base para a geração dos mapas litológicos, de solos e de arenização, que caracterizam a estrutura da paisagem.

Os levantamentos de dados secundários como os dados climáticos (precipitação) e os dados socioeconômicos, históricos da ocupação agrícola e pecuária e do próprio avanço na degradação da área representam os estudos da dinâmica da paisagem integrando o contexto humano e natural.

A construção de um banco de dados georreferenciado no *software* SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) em associação com o ArcGIS, contendo todas as informações dos levantamentos, contribuiu para a organização e manipulação dos dados, além de permitir uma maior percepção das inter-relações e sistematizações entre os elementos constituintes da paisagem.

3.2.1.2.1 Levantamento morfométrico/morfológico

Este tipo de levantamento possibilita, segundo Guerra e Cunha (1998), uma análise areal, linear e hipsométrica. A morfometria aplicada aos estudos de bacias hidrográficas apresenta-se como uma importante ferramenta de análise da rede de drenagem e do relevo, através da identificação do comprimento, altura, largura, declividade, altitude, granulometria, densidade, entre outros.

➤ Análise da Rede de Drenagem

A rede de drenagem das bacias hidrográficas atua como registro das alterações ocorridas em seu interior, tanto na qualidade das águas quanto na própria configuração da rede, refletindo as mudanças condicionadas por processos naturais ou atividades antrópicas.

As análises e a elaboração do mapa da rede de drenagem foram feitas a partir da carta topográfica e das imagens de satélite, que foram sobrepostas no programa SPRING. Após a digitalização, foram definidas as ordens dos cursos d'água, e analisados os atributos morfométricos referentes ao padrão, densidade, forma, magnitude e comprimento dos canais.

Estas análises foram elaboradas em cada bacia hidrográfica, possibilitando além de uma comparação entre as cinco bacias, uma análise geral de toda a área estudada. As variáveis morfométricas/morfológicas da rede de drenagem analisadas foram:

a) Hierarquia fluvial

Partindo do estudo trazido por Christofolletti (1980) de que, a análise morfométrica de bacias hidrográficas inicia-se pela ordenação dos canais fluviais, com a finalidade de estabelecer a hierarquia fluvial, considerou-se a proposta definida por Strahler (1952) como a que melhor descreve a composição da drenagem.

A classificação estabelecida por Strahler e utilizada na caracterização dos canais, diz que os menores canais, sem tributários, são considerados de primeira ordem, estendendo-se da nascente até a confluência, o encontro de dois canais de primeira ordem origina um de segunda ordem, por sua vez da união de dois canais de segunda ordem surge um de terceira e assim sucessivamente.

b) Comprimento total da rede de drenagem (L_t)

São variáveis dimensionais, expressas em quilômetro (km) ou em metro (m), que permitem uma avaliação primária das alterações em termos de perda ou ganho na extensão de caminhos para o escoamento linear das águas na bacia.

c) Forma da bacia (k_f) – Coeficiente de Conformação

O fator forma foi definido através da relação entre a área da bacia e o quadrado de seu comprimento axial. Mede-se o comprimento axial da bacia (L) quando se segue o curso d'água mais longo desde a foz até a cabeceira mais distante. A largura média (\bar{L}) é obtida dividindo-se a área da bacia pelo seu comprimento axial.

$$k_f = \frac{\bar{L}}{L}, \text{ mas } \bar{L} = \frac{A}{L}, \text{ então } k_f = \frac{A}{L^2}$$

d) Densidade de drenagem

A densidade de drenagem, segundo Horton (1945), é um parâmetro que relaciona o comprimento total dos canais de escoamento, com a área total da bacia. Essa relação pode ser definida através da equação:

$$D_d = \frac{L_t}{A}, \text{ onde:}$$

D_d - é a densidade de drenagem; L_t - o comprimento total dos canais e

A - a área total da bacia.

Strahler (1959)¹² classifica o valor da densidade de drenagem em três grupos:

1. Dd menor que 7,5 km/km² - baixa densidade drenagem;
2. Dd entre 7,5 km/km² e 10,0 km/km² - média densidade de drenagem;
3. Dd maior que 10 km/km² - alta densidade de drenagem.

e) Padrões de drenagem

A identificação do arranjo espacial dos cursos fluviais indica uma série de características referentes à resistência do substrato litológico e às diferenças de declividade. Por esse motivo, os padrões da rede de drenagem foram avaliados seguindo a metodologia de Strahler (1959).

➤ **Análise e mapeamento do relevo**

Parte-se da premissa de que o relevo é o resultado da atuação de dois grupos de forças que podem ser sucessivas ou simultâneas: as forças endógenas (dobras, falhas, vulcões, terremotos) e as forças exógenas (desgaste e acumulação) (Meserjakov, 1968; Ross, 1990; Guerra e Guerra, 2005).

Os constituintes do relevo foram identificados através de estudos analíticos e através de tratamento estatístico, com base no espaçamento de 20 metros das curvas de nível.

Os dados altimétricos do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission, 2000) auxiliaram a definição das áreas com diferentes elevações, sendo trabalhada nos programas Global Mapper, 3DEM e ArcGIS 9, que possibilitou a construção do perfil topográfico, demonstrando as primeiras características do relevo.

Os mapas do relevo (hipsometria, declividade, 3D) são produtos gerados a partir do Modelo Numérico do Terreno (MNT), técnica de geoprocessamento que permite representar uma grandeza que varia continuamente no espaço. Esse modelo foi criado no *software* SPRING 4.3.3 a partir da digitalização das curvas de nível e pontos cotados. Através do modelo numérico do terreno (MNT) foi possível materializar informações georreferenciadas e analisar sua abrangência geográfica, podendo ser representado pelas grades regular e triangular.

Para a elaboração dos mapas, foi necessário estabelecer a definição das grades regular e triangular. A grade regular é uma representação matricial onde

¹² Informação retirada de Christofolletti (1980).

cada elemento da matriz está associado a um valor numérico e para a geração dessa grade faz-se necessário estimar, por meio de interpoladores matemáticos, os valores para as células que não possuem medidas de elevação (CÂMARA e MEDEIROS, 1998).

A grade irregular triangular ou TIN representa uma estrutura do tipo vetorial e possui uma superfície através de um conjunto de faces triangulares interligadas. São geradas a partir de amostras.

A primeira grade a ser elaborada foi a Grade Irregular Triangular (TIN). Posteriormente, utilizando a grade TIN, foi construída a grade retangular, com uma resolução de 10 metros (apenas para suavizar o relevo), essa resolução corresponde ao valor definido durante a criação do PI (Plano de Informação) numérico. O interpolador escolhido foi o linear, por apresentar melhores resultados. Através dessa grade tornou-se possível a geração de um MNT em nível de cinza (NC) que consiste em distribuir os valores mínimos e máximos das cotas, obtidas a partir da grade retangular, em níveis de cinza de 0 a 256 utilizando uma equação linear ($y = ax + b$).

Os mapas hipsométrico e clinográfico (declividade) foram gerados a partir do fatiamento das grades regulares e triangulares, contendo classes de altitude e de declividade, respectivamente.

a) Mapa de Declividade

O mapa de declividade foi elaborado a partir de uma nova grade de declividade, cuja entrada é a grade triangular ou TIN (Triangular Irregular Net Work), do tipo Delaunay. Essa grade, de acordo com o conhecimento do *software*, melhor representa a variação do terreno, e pode capturar melhor a complexidade do relevo, variando sua precisão de acordo com a densidade e distribuição das amostras.

O mapa clinográfico foi fatiado nas seguintes classes de declividade estabelecidas pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo) como <2%, 2-5%; 5-15%; >15%:

2% - Áreas muito planas e, quando próximas às drenagens, estão sujeitas à ocorrência de inundações;

5% - Áreas de baixa declividade e onde se registram processos deposicionais. A partir desta inclinação o processo erosivo começa a ser significativo;

15% - Faixa que define o limite máximo para o emprego da mecanização na agricultura; e, áreas propícias à ocorrência de processos de movimentos de massa e escorregamentos.

b) Mapa Hipsométrico

O mapa hipsométrico foi criado através da grade retangular, sendo fatiada pelos valores correspondentes aos intervalos altimétricos estabelecidos.

A fim de melhor representar o relevo, o mapa hipsométrico foi dividido através das linhas de quebra do relevo, compostas de altitudes contínuas, baseadas nas curvas de nível: < 80 m; 80 -120 m; 120 - 200 m; 200 - 300 m; 300 - 380 m; > 380 m.

c) Comprimento e perfil das vertentes

O comprimento de vertentes (rampas) corresponde à medida da extensão entre a crista das vertentes e o talvegue. Os parâmetros de comprimento de vertente foram definidos através da medição das principais vertentes, estipulando intervalos de classes.

A metodologia para identificação dos comprimentos de vertente emprega a definição dos aspectos físico-naturais do relevo, utilizando como limites a rede de drenagem, a delimitação da planície e os divisores secundários de água.

O perfil das vertentes foi determinado a partir da observação da forma assumida pelas curvas de nível na carta topográfica e sua sequência altimétrica crescente ou decrescente, conforme esquema apresentado na figura 3.

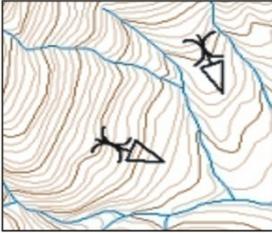
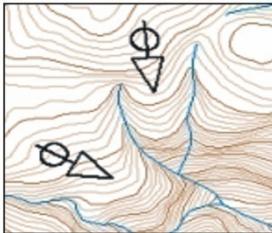
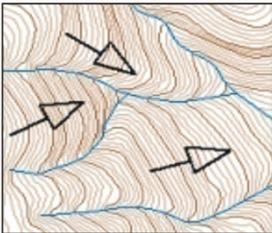
Tipos de Vertentes	Descrição	Visualização
<p data-bbox="389 322 641 353">Vertente Côncava</p> 	<p data-bbox="683 376 986 533">O afastamento gráfico entre as curvas de nível aumenta à medida que as altitudes decrescem, ou seja, elemento de curvatura negativa.</p>	 <p data-bbox="1197 577 1292 591">Fonte: Arquivo pessoal</p>
<p data-bbox="389 636 641 667">Vertente Convexa</p> 	<p data-bbox="683 689 986 846">À medida que as altitudes decrescem, o afastamento entre as curvas de nível torna-se cada vez menor, ou seja, elemento de curvatura positiva.</p>	 <p data-bbox="1197 891 1292 904">Fonte: Arquivo pessoal</p>
<p data-bbox="389 949 641 981">Vertente retilínea</p> 	<p data-bbox="683 1003 986 1137">Quando a vertente adquire a forma de um segmento onde as curvas de nível possuem igual afastamento entre elas.</p>	 <p data-bbox="1177 1200 1292 1214">Fonte: Trabalho de Campo 2008</p>

Figura 3: Desenho esquemático para identificação dos tipos de vertentes.
Elaboração: De Nardin, adaptado de Cunico, 2007.

d) Classificação das formas de relevo

As formas de relevo foram classificadas através da proposta do Instituto de Pesquisa Tecnológico IPT (1981), conforme tabela 1.

Tabela 1: Classificação dos Tipos de relevo adaptado de IPT (1981)

Amplitude local	Gradiente Predominante	Formas de Relevo
<100	< 5% 5 – 15% > 15%	Rampa Colina Morrote
100 a 300	5 a 15% > 15%	Morro com encosta suave Morro

O mapa confeccionado a partir da identificação das feições acima mencionadas corresponde a compartimentação por predomínio das formas de relevo.

e) Modelo Tridimensional do relevo

A visualização tridimensional é uma das maneiras que permite visualizar dados em três dimensões (3D) tanto de imagens monocromáticas como composições coloridas. O modelo tridimensional do relevo foi elaborado no *software* “Surfer 8.0”, desenvolvido pela Golden *Software* Inc, onde foi feita a interpolação dos valores a partir da técnica de krigagem, possibilitando a geração do mapa desejado.

Mapa Analítico: Compartimentação do relevo

A construção do mapa de unidades homogêneas do relevo corresponde à integração das análises do relevo e da rede de drenagem. As características semelhantes observadas nos levantamentos morfométricos foram agrupadas e espacializadas em unidades. Os resultados obtidos na interpretação das informações levantadas nas cartas topográficas e nas imagens de satélite e de radar foram sobrepostos na forma de simbologias e variação de cores.

3.2.1.2.2 Levantamento de dados secundários

➤ **Dados Climáticos: Precipitação**

As informações de entrada para o diagnóstico climático foram obtidas de órgãos oficiais como o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), a ANA (Agência Nacional de Águas) e o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), tendo como base o trabalho desenvolvido por Verdum (1997) na área de estudo.

Para a caracterização climática foi realizada uma análise da precipitação em 30 anos (1975 a 2005)¹³, para área onde encontra-se a estação Hidrometeorológica Ponte do Miracatu, a partir da coleta de dados do site da ANA (Agência Nacional das Águas). Esta estação localiza-se no município de São Francisco de Assis, dentro dos limites da bacia hidrográfica do Miracatu. Outra estação, utilizada para a análise

¹³ De acordo com as normas da Organização Meteorológica Mundial (WMO, 1995), as “normais climatológicas” só podem ser calculadas a partir de conjuntos de 30 anos consecutivos de dados, começando no primeiro ano de cada década (ex. 1941 -1970). Entende-se assim, que mesmo não começando no primeiro ano da década de 70, o intervalo apresentado será representativo das características climáticas da área em estudo.

climática, foi a estação Hidrometeorológica de Manoel Viana. A estação Manoel Viana faz parte de uma Plataforma de coleta de dados (PCD) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

A análise climática foi possível devido à disponibilidade de informações de pontos de coletas importantes, pois se encontram no interior das bacias em análise. A figura 4 mostra as duas estações que foram analisadas.

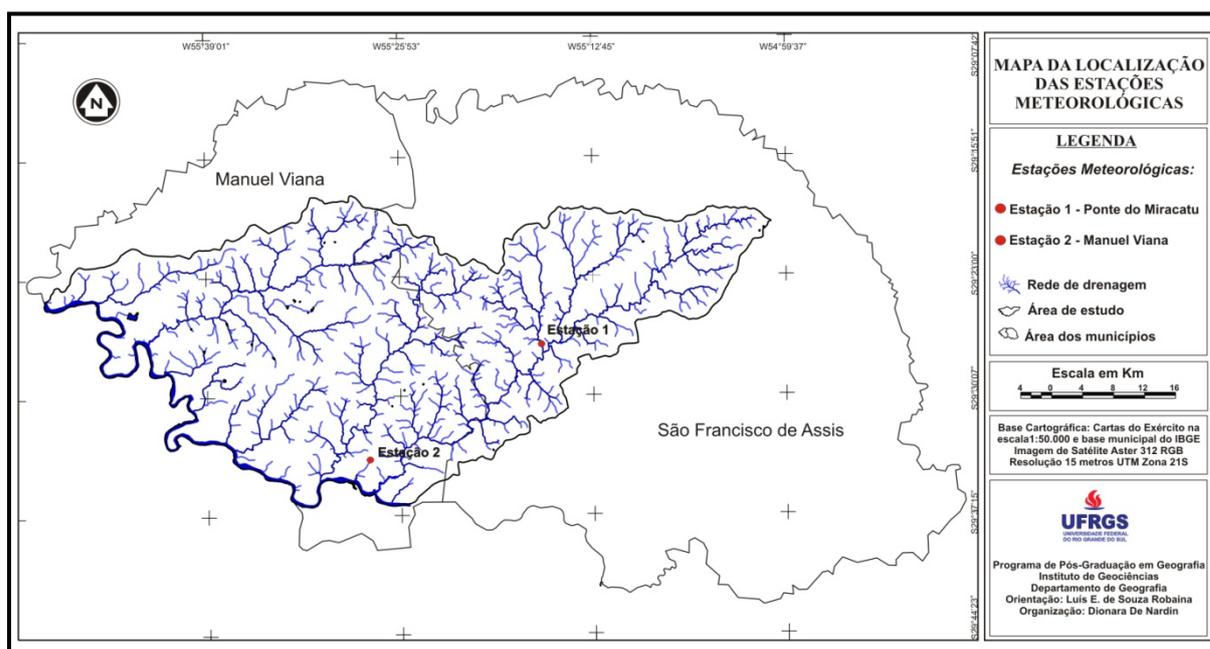


Figura 4: Localização das estações meteorológicas da aérea de estudo.

➤ **Dados sócio-econômicos e históricos da ocupação**

A transformação da paisagem local tanto nos aspectos naturais quanto pelo uso antrópico é visivelmente perceptível, no entanto, para demonstrar as mudanças ocorridas foi necessária, além da investigação em campo, a caracterização socioeconômica através de dados secundários.

As análises deram ênfase para as questões de expansão da agricultura e da monocultura do eucalipto e os dados foram adquiridos através dos censos agropecuários do IBGE (1996 e 2006) e dados históricos (1990 a 2007), e organizados em planilhas no programa Excel, onde foi possível a construção de gráficos e tabelas contendo as informações de interesse. Além disso, foi possível definir os principais sistemas agrícolas presentes na área, através das informações coletadas e de trabalhos já desenvolvidos na região.

Com a utilização de material cartográfico com data anterior (1990) as principais transformações e de dados socioeconômicos retirados de órgãos oficiais e trabalhos de resgate histórico, foi possível caracterizar a expansão dos municípios que abrangem a área de estudo, além de entender o processo de evolução agrícola, contrapondo com as informações atualizadas pelas imagens de satélite recente (2000 e 2009) e pelos trabalhos de campo.

3.2.1.2.3 Levantamento de campo e análises em laboratório

Em campo, as rochas e solos foram investigados e descritos por suas características físicas, como cor, textura, espessura e estruturas presentes.

A textura refere-se à proporção das frações de areia, silte e argila encontrada no solo, sendo agrupadas em 13 classes, de acordo com o triângulo textural, adotado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, conforme figura 5.

As estruturas litológicas foram descritas em campo e definidas através das características, como a presença de estratificações, fraturas e camadas.

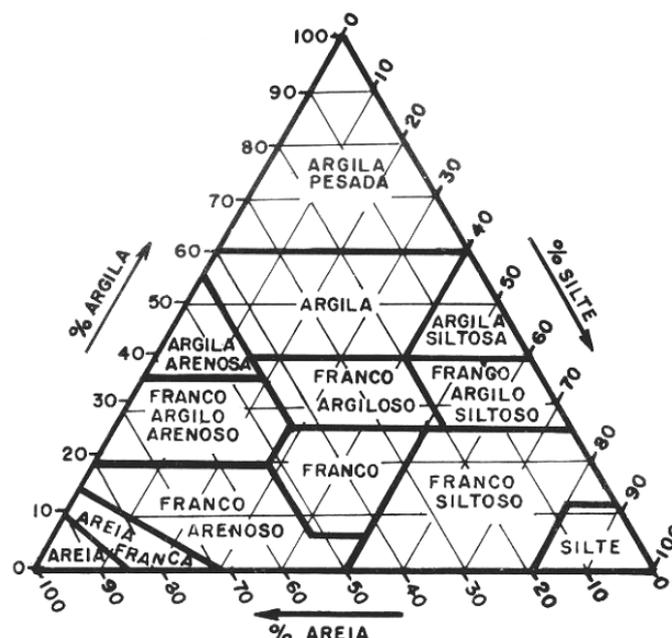


Figura 5: Classificação das classes texturais dos solos.

A análise granulométrica permitiu a diferenciação das litologias sedimentares e a caracterização física dos solos presentes na área de estudo. A coleta das amostras levou em conta o substrato litológico e a posição no relevo. Além disso,

também levou-se em consideração a posição na vertente, sendo coletadas amostras no topo, média encosta e base das vertentes. Ao todo foram coletados 14 pontos com amostras de diferentes horizontes para serem analisadas em laboratório.

As amostras de solo foram analisadas texturalmente em laboratório, através da técnica de pipetagem. A técnica consiste na desagregação preliminar da amostra e quarteamento, obtendo-se assim uma fração representativa de cada uma delas. Em seguida foram utilizados um conjunto de peneiras com intervalo de 1/2, de acordo com a escala granulométrica de Wentworth (1922) e Krumbein (1934), e posterior pesagem da quantidade de material retido em cada peneira.

As amostras selecionadas foram tratadas utilizando as técnicas de peneiramento para a fração grossa ($> 0,062$ mm), e pipetagem para a fração fina ($< 0,062$ mm) – silte e argila, lama, com base na lei de “Stokes”.

Mapa Analítico: Mapa Litológico

Os trabalhos de identificação em campo e as análises dos materiais coletados permitiram a construção do mapa litológico, definindo os contatos de diferentes litologias presentes na área.

Os lineamentos estruturais mais importantes foram identificados utilizando imagens de radar e cartas topográficas. O mapa foi elaborado a partir das descrições de campo e da inserção dos pontos coletados no *software* SPRING, possibilitando a geração de um plano de informação temático, que serviu de base para as análises posteriores.

Mapa Analítico: Mapa Simplificado dos Solos

O mapa simplificado dos solos foi construído a partir da descrição dos solos em trincheiras e em cortes de estrada, sendo avaliadas as características morfológicas, e identificados os horizontes.

Além da coleta de material dos pontos amostrais foi realizada a inspeção dos horizontes expostos em barrancos. As amostras coletadas foram avaliadas em laboratório e serviram de suporte para as descrições.

A definição e o levantamento das informações dos solos tiveram como referência preliminar o levantamento e classificação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) e o livro Solos do estado do Rio Grande do Sul, realizado por Streck *et al.* (2002), sendo indispensável qualificação e estudo

de detalhe, realizados através de perfis em campo e análise dos solos encontrados em cada unidade, tendo em vista a relativa incompatibilidade oriunda das escalas trabalhadas. As coletas tiveram por base as informações do *Manual de Coleta e Levantamento de Solos* de Lemos e Santos (1982).

Mapa Analítico: Mapa das Feições Superficiais

O mapa das feições superficiais representa a significativa ocorrência de processos da dinâmica superficial na área de estudo, manifestando os processos e os locais onde ocorre a maior frequência das feições de erosão e feições de acumulação. Os areais foram analisados através das descrições granulométricas e físicas do tipo de material aflorante, diagnosticando assim o substrato mais fragilizado para a ocorrência de manchas arenosas.

Os areais, os sulcos e as voçorocas foram marcados através das informações das imagens de satélite e das informações de campo. Outras feições superficiais identificadas em campo foram os afloramentos, os depósitos de tálus e os depósitos de colúvio.

3.2.2 Segunda etapa: Correlação das Informações

Nesta etapa foram feitas as referidas correlações entre todos os elementos do meio físico e antrópico identificados no decorrer da pesquisa. A sobreposição e correlação das diversas cartas analíticas produzidas a partir dos levantamentos permitiram obter um produto cartográfico que sintetiza o diagnóstico ambiental de cada etapa, servindo de suporte para o zoneamento.

Entre as associações propostas ganha ênfase às análises feitas entre as formas homogêneas de relevo, e a estrutura e gênese do substrato, com os respectivos processos dinâmicos de origem natural ou antrópico atuantes, que originaram o mapa geomorfológico.

A correlação do meio físico juntamente com as análises dos diferentes usos antrópicos permitiu a compreensão das potencialidades e fragilidades da paisagem.

3.2.2.1 Caracterização Geomorfológica

A definição geomorfológica da presente pesquisa direciona-se nas propostas de interpretação geomorfológica elaboradas por Ab'Sáber (1969) e Tricart (1977) e que mais recentemente foram estudadas por Ross (1990, 1992), tendo como premissa o planejamento ambiental através de uma proposta taxonômica.

A partir dessa assertiva, o produto final foi definido por unidades geomorfológicas através da compreensão da funcionalidade da paisagem, visando à análise, descrição e integração das diferentes formas de relevo e da drenagem, identificação das litologias presentes, além da caracterização dos solos e dos processos de dinâmica superficial, tendo como resultado, a compartimentação geomorfológica.

A compartimentação geomorfológica foi elaborada sob a base cartográfica de escala 1:50.000, visitas em campo, análise de fotografias aéreas oblíquas de baixa altitude, e dados altimétricos do SRTM, onde foram observados os principais tipos de segmentos de relevo que ocorrem na área, através de uma interpretação geomorfológica adotando a delimitação de padrões semelhantes, baseados na cartografia de síntese.

A análise e a própria escala cartográfica de informação foi construída a partir de uma metodologia própria, que se aproxima da realidade local, e assemelha-se a proposta metodológica de Ross, onde busca-se contemplar os seis táxons (níveis) tendo como base as compartimentações gerais já definidas para o Estado.

O mapa geomorfológico representa um dos produtos intermediários que, associado à identificação do uso e ocupação da terra e da cobertura vegetal, servirá de subsídio ao zoneamento geoambiental da paisagem.

3.2.2.2 Avaliação do uso e ocupação da terra e vegetação

A identificação dos diferentes usos definirá a situação atual da área e as transformações ocorridas nas últimas décadas. Para isso, foi desenvolvido um contraponto entre o momento atual da pesquisa, com um período anterior as transformações mais significativas em relação aos sistemas agrícolas. O período escolhido para análise temporal foi de 1990, 2000 e 2009.

Estas análises permitiram definir como está sendo processada a ocupação da área de estudo e avaliar a relação entre a fragilidade da área e os usos desencadeados em cada atividade.

A construção dos mapas de uso da terra e das análises ocorreu a partir das imagens do satélite Landsat 5 TM com resolução espacial de 30 metros, e órbita ponto 224/80 e 224/81 (Figura 6) compreendendo os três anos analisados (1990, 2000 e 2009) tendo o auxílio na identificação dos alvos através das imagens Ikonos, Aster e CBERS 2B, sem dispensar os trabalhos de campo que auxiliaram na identificação das culturas.

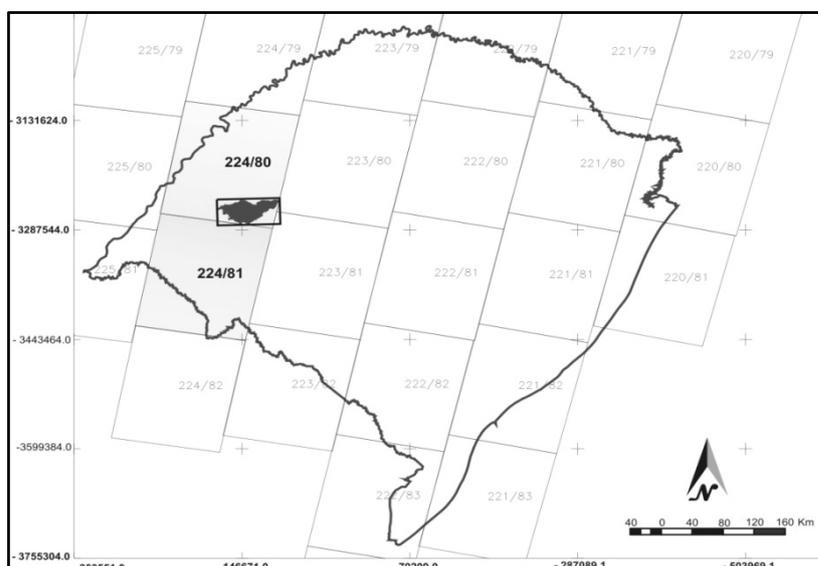


Figura 6: Imagens do Landsat 5 TM usadas na classificação com indicação da órbita ponto.

A classificação da imagem foi elaborada no *software* Envi 4.2 junto ao Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Outros *softwares* como o ArcGIS e o Surfer também foram utilizados no CEPSRM.

Após a construção do mosaico das imagens, as bandas foram georreferenciadas utilizando os pontos de controle conhecidos e o interpolador polinômio de 1º grau. Posteriormente, as 3 bandas foram recortadas através de um arquivo vetorizado no formato *dxf* que contém os limites da área de estudo, e então foi feita a eliminação de ruídos da imagem.

Os alvos identificados, classificados e quantificados, foram os cursos d'água, vegetação arbórea ao longo dos rios, no topo dos morros e na forma de bosques, áreas agrícolas, campos com pecuária, solo exposto, área urbana, áreas com

florestamento, e campos de areia. A classificação dos areais ocorreu através de áreas de treinamento pré-selecionadas, com o auxílio do algoritmo do Paralelepípedo, por ter mostrado os melhores resultados na diferenciação dos areais. O método estatístico utilizado para a classificação dos demais alvos foi o MAXVER (Máxima Verossimilhança).

Após a classificação, foi necessário atenuar o efeito da presença de pixels isolados, que é comum em classificações com o algoritmo de máxima verossimilhança (MAXVER).

De modo geral, as formas de uso foram identificadas (tipos de uso), espacializadas (mapa de uso), caracterizadas (intensidade de uso e manejo) e quantificadas (percentual de área ocupada pelo tipo de uso). Estas etapas associaram as análises das imagens de satélite, com as informações coletadas, tendo como produto a configuração do uso-ocupação e cobertura vegetal.

A análise da vegetação foi determinada a partir da identificação do grau de cobertura do solo. Diferenciou-se a cobertura vegetal pelo seu aspecto fisionômico predominante, de acordo com as tipologias campestre, arbustiva ou florestal e ocorrência de vegetação original ou exótica.

3.2.3 Terceira etapa: Interpretação e análise das potencialidades e fragilidades

A interpretação das análises geomorfológicas e dos usos da terra possibilitou a elaboração da terceira etapa.

Nesta etapa foram interpretadas as informações que caracterizam a paisagem, chegando-se a resultados conclusivos a partir dos dados selecionados e correlacionados nas etapas anteriores. Esses resultados referem-se à compreensão dos mecanismos de funcionamento da paisagem, através da definição das potencialidades e fragilidades da área estudada. É neste momento da pesquisa, que se atingem os últimos objetivos específicos propostos, podendo então, estabelecer parâmetros que possibilitem sua aplicação dentro do planejamento da área.

3.2.4 Quarta etapa: Definição do Zoneamento Geoambiental

Na última etapa foi efetuada a síntese de todas as informações coletadas, analisadas, interpretadas e correlacionadas durante a pesquisa, na forma de quadro e mapa para melhor visualização dos resultados. A avaliação das potencialidades e fragilidades serviu de apoio para a caracterização e zoneamento geoambiental, que representa o produto final do trabalho.

Nesta etapa se concretizaram as recomendações para a aplicação dos resultados apresentados e as conclusões da viabilidade da metodologia para trabalhos que venham propor um zoneamento semelhante ao exposto.

Destaca-se que o zoneamento geoambiental consiste na compartimentação do espaço em porções homogêneas, obtidas através da avaliação das potencialidades e limitações das paisagens. Seus pressupostos teóricos indicam que este tipo de zoneamento não pode ser visto apenas como um instrumento de restrição, mas sim de regulação do uso dos recursos naturais. Dessa forma o zoneamento é uma setorização da paisagem, com o objetivo de potencializar o uso sem comprometer o meio ambiente, e propor alternativas que minimizem as fragilidades e limitações características de cada paisagem.

Portanto a proposta de Zoneamento Geoambiental, ora apresentada, está fundamentada em uma análise integrada dos componentes antrópicos e naturais a partir de uma caracterização dos elementos básicos que formam estes componentes, através da cartografia analítica e a partir da interpretação analítico-integrativa se chega aos documentos síntese (documentos finais) que concretizam o zoneamento.

Ressalta-se que os trabalhos de campo são realizados de forma investigativa, desde o início do reconhecimento do objeto de pesquisa através de perfis, com apoio das imagens de satélite e cartas topográficas, até as fases de aferição dos mapas realizados e dos dados levantados, e por fim, na elaboração dos documentos finais.

Todas as informações levantadas, processadas, analisadas e correlacionadas e por fim mapeadas na escala 1:50.000, serviram de base para a caracterização geoambiental. As categorias de informação analisadas e levantadas são as classes de documentos Básicos, Derivados e Interpretativos e Finais, que em termos cartográficos representam a cartografia analítica e de síntese e podem ser visualizados na figura 7.

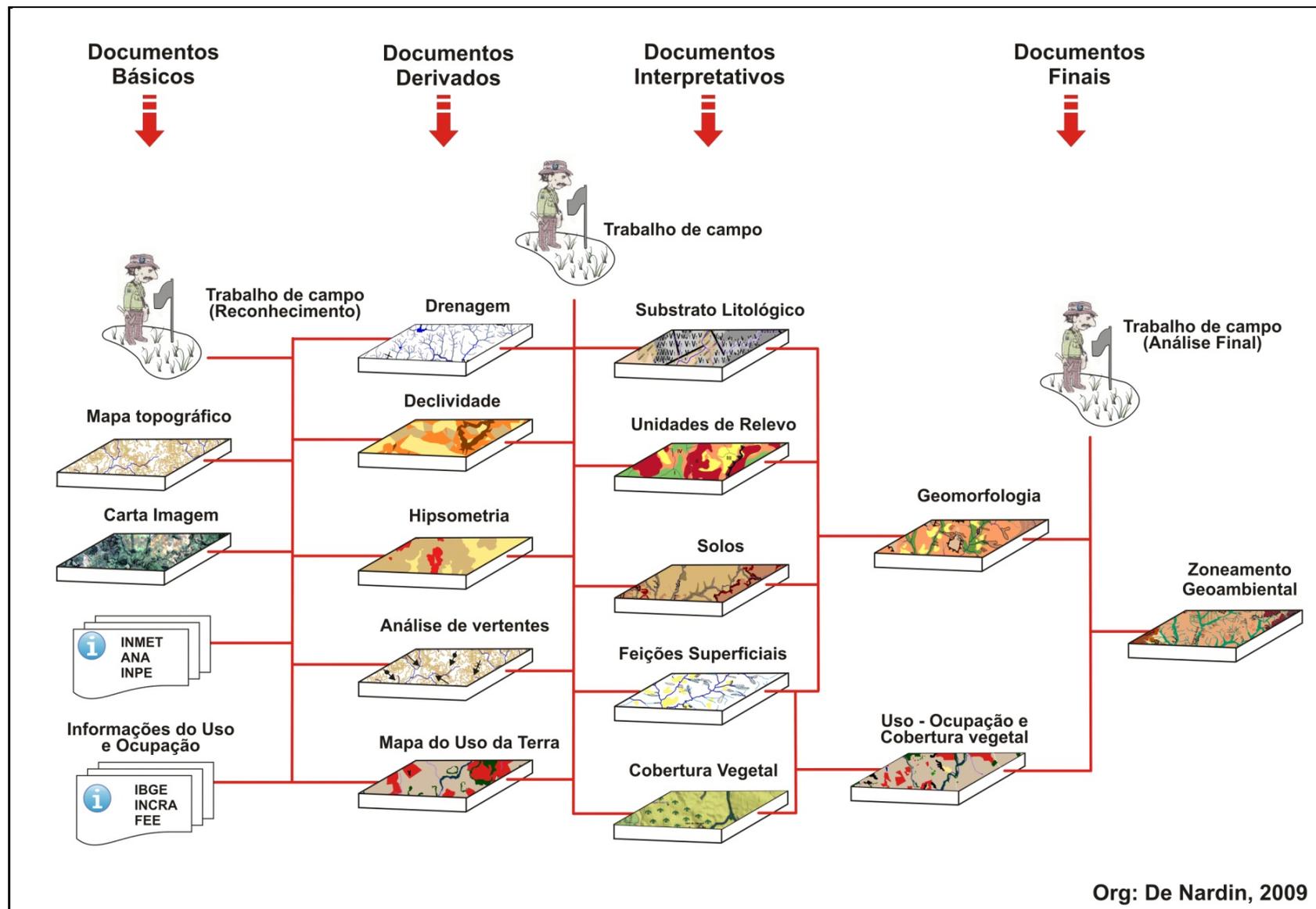


Figura 7: Esquema dos documentos levantados e desenvolvidos para o Zoneamento Geoambiental.

4. ELEMENTOS FÍSICOS DA PAISAGEM

*Óh que beleza de rio
Que me faz voltar aqui
Mal clareia o sol de janeiro
Eu volto ao pesqueiro do Rio Ibicuí (...)
Canção Rio Ibicuí – Cenair Maicá*

Neste capítulo, são apresentados os elementos físicos da paisagem que foram investigados e analisados, e que permitiram individualizar o objeto de estudo a partir de suas características naturais. Para tanto, as informações levantadas corresponderam ao clima, à rede de drenagem, o relevo, as litologias e os solos presentes na área de estudo.

O processamento das informações do meio físico serviu de base para a definição das unidades geomorfológicas e permitiu à compreensão e caracterização dos processos superficiais que ocorrem na área, bem como das potencialidades e limitações de usos.

4.1 Análise das características climáticas

O Rio Grande do Sul, situado no extremo meridional do Brasil, pertence à chamada Região Sudeste da América do Sul (Sul do Brasil, Nordeste da Argentina, Uruguai e Sul do Paraguai), que apresenta forte sinal do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS), especialmente em relação à precipitação pluvial (Berlato *et al*, 2005).

A chuva no Rio Grande do Sul está condicionada aos sistemas de circulação extratropicais em função de sua latitude. O quadro climático é resultante da dinâmica das massas de ar e suas correntes perturbadas. Segundo Moreno (1961), o regime pluviométrico do Estado, além de sua formação pelo deslocamento de frentes, é acentuado pela orografia. Nas maiores altitudes, as chuvas ocorrem em volumes maiores. O relevo obriga a elevação das massas de ar, as quais se resfriam,

condensando-se e ocasionando as chuvas. É por isto, que nas encostas e no rebordo do Planalto a precipitação atinge o máximo.

No oeste do Rio Grande do Sul o clima é definido, como subtropical com características de mesotérmico brando super-úmido, definido pela presença de invernos frios, verões quentes e inexistência de estação seca (Nimer, 1977), mas apresenta períodos de estiagem.

Estudos na área da climatologia reconhecem a necessidade de utilizar médias de pelo menos 30 anos de registros contínuos. Por esse motivo, buscou-se informações disponíveis na estação localizada dentro da área das bacias, ficando estabelecido um estudo da precipitação dos anos de 1975 a 2005 na estação hidrometeorológica Ponte do Miracatu. O gráfico 1 mostra os totais anuais dos 30 anos em análise.

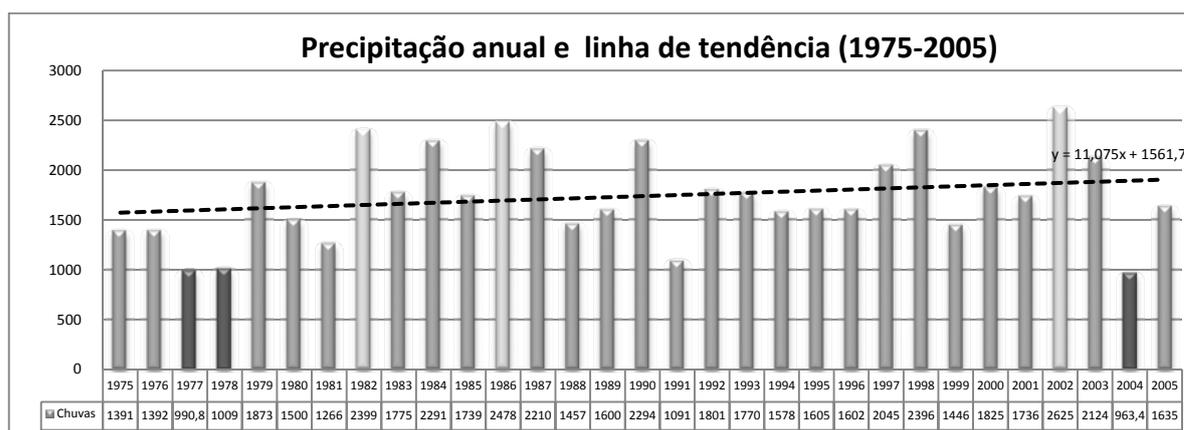


Gráfico 1: Comparação anual das precipitações na estação Ponte do Miracatu. As colunas de cinza mais claro, demarcam os 3 anos mais chuvosos, enquanto que as colunas cinza escuro demarcam os 3 anos mais secos.

Elaboração: De Nardin, 2009.

As informações, referentes ao período analisado, demonstram que os anos com maior quantidade de precipitação foram 2002, 1986 e 1982 com 2.625, 2.478, e 2.399 mm, respectivamente. Estes anos de maior precipitação coincidem com os anos de episódio de El niño, identificados conforme Berlatto *et al.* (2005). Já as menores precipitações ocorreram no ano de 1977, 1978 e 2004, com 990,8, 1009 e 963,4 mm, respectivamente.

A média observada durante este período foi de 1.739 mm de precipitação anual, que representa uma média mensal de 145 mm.

A análise da distribuição das chuvas nestes 30 anos demonstra, visivelmente, uma tendência de aumento das precipitações ao longo dos anos, identificada pela linha de tendência. Como consequência desse processo, tem-se que um dos três anos mais secos de toda a série aparece sinalizado no final do período (2004).

Esse fato deu-se uma vez que, o ano de 2004, marcado pelas menores precipitações dos últimos 30 anos, esteve sob condições de anomalias negativas de La Niña, com um aumento para o ano de 2005, sob condições de El Niño. Percebe-se, que esse fenômeno mesmo sendo pontual dentro do período, acaba trazendo resultados locais de variabilidades climáticas. Mesmo apresentando uma tendência de aumento das precipitações, pequenas oscilações foram comuns durante todo o período de análise e, atualmente, a diminuição das precipitações tem ocasionado sérios problemas na atividade agropastoril, desenvolvida nos municípios de Manoel Viana e São Francisco de Assis.

A perda na produtividade, ocasionada pelas alterações climáticas, associada à perda de fertilidade do solo e aumento dos processos erosivos, tem levado muitos agricultores dessa região a retornar à atividade pecuária ou vender e arrendar suas terras para empresas de celulose que implantaram a monocultura do eucalipto no oeste do Estado.

Após um ano de seca influenciado por anomalias, como em 2004, o gráfico 2 define os dados de precipitação nos anos de 2005 e 2006 coletados na estação de Manoel Viana. Observa-se que durante o ano de 2005 as precipitações foram superiores as de 2006, exceto nos meses de junho, outubro, novembro e dezembro. As maiores variações de precipitação nos dois anos foram nos meses de abril, maio e junho, com diferenças de quase 150 mm, no mês de junho.

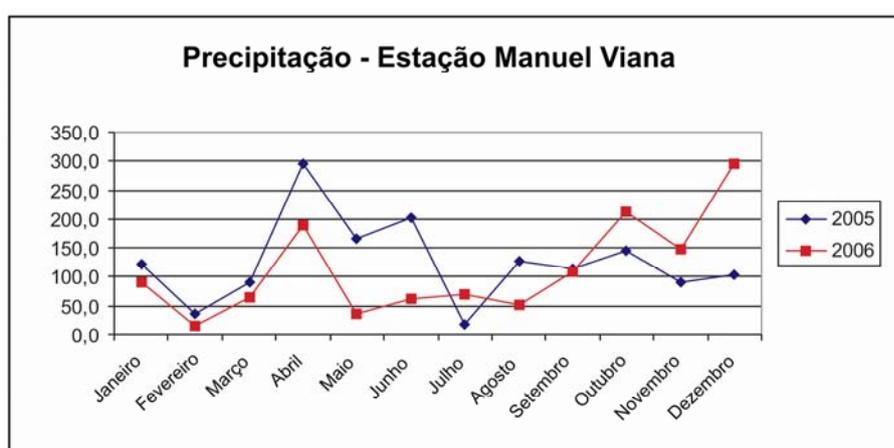


Gráfico 2: Precipitações coletadas na estação meteorológica de Manoel Viana. Elaboração: De Nardin, 2009.

Com o objetivo de aprofundar a relação entre condições climáticas e processos erosivos, elaborou-se o gráfico de variação mensal dos totais de pluviometria (Gráfico 3) e a análise dos dados diários, na estação Ponte do Miracatu, no período de 1975 a 2005.

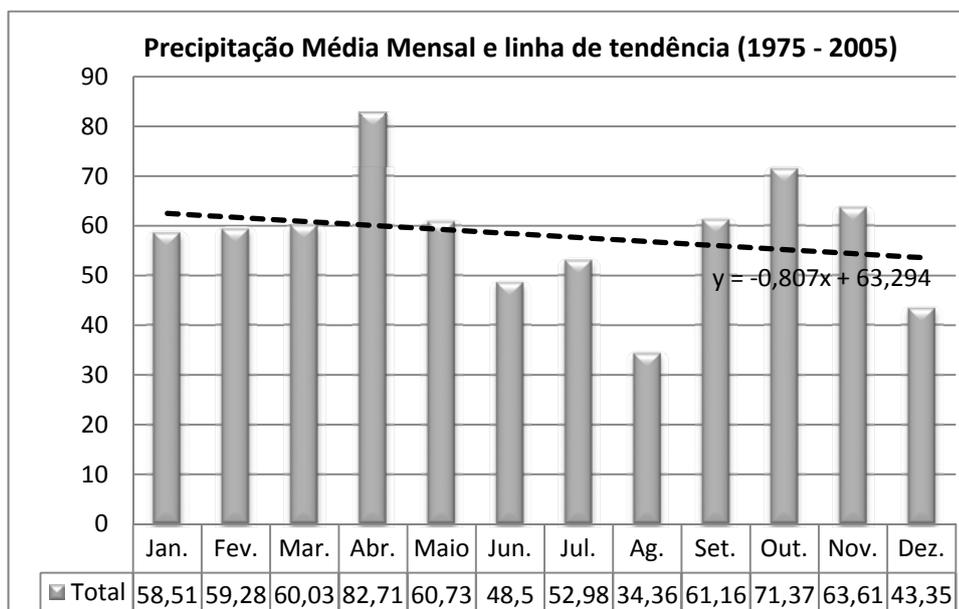


Gráfico 3: Determinação da média mensal de precipitação de 1975 a 2005 na estação Ponte do Miracatu.

Elaboração: De Nardin, 2009.

A análise do gráfico demonstra que o mês com maior incidência de precipitação no período de 1975 a 2005, na estação Ponte do Miracatu foi abril, enquanto o mês de agosto apresentou as menores precipitações. A média pluviométrica anual para essa estação hidrometeorológica é de 1739 mm, ficando os meses de abril e outubro acima de 2000 mm de média anual. Ressalta-se que essa região mesmo apresentando a formação de areais, possui médias anuais de precipitação superiores a 990 mm, enquanto que uma zona árida¹⁴ apresenta precipitações anuais menores que 200 mm ao ano. Este fato demonstra que as precipitações são para o oeste do Rio Grande do Sul, os agentes erosivos que desencadeiam a arenização e não a escassez como ocorre nas zonas áridas.

A pesquisa realizada por Verdum (1997) nos municípios onde estão localizadas as bacias reflete informações semelhantes aos dados apresentados. O autor afirma que a abundância de episódios chuvosos, nos meses de primavera,

¹⁴ Informação de aridez trazida por Kellog e Schneider 1977 *apud* SUERTEGARAY (1998).

outono e inverno (julho) representam bem as características fundamentais do clima subtropical de São Francisco de Assis e Manoel Viana.

Um fato importante analisado pelo autor é a concentração de fortes precipitações diárias durante a primavera (setembro, outubro e novembro), outono (março, abril, maio e junho) e no inverno (apenas o mês de julho). Ressalta-se os meses de abril, outubro e novembro como os que apresentam maiores precipitações diárias, durante os 30 anos analisados. Isto provavelmente vai refletir em uma maior intensidade dos processos erosivos durante estes três meses.

Tal fato apresenta determinadas conseqüências para as bacias hidrográficas em estudo, a principal delas é o desencadeamento das fases de saturação do solo e escoamento superficial direto, principais agentes do processo erosivo de ravinamento e desagregação dos arenitos, ligado a gênese dos areais.

4.2 Análise da rede hidrográfica

A área de estudo integra a porção compreendida entre o Rio Itu e o Arroio Inhacundá, composta por uma faixa da margem direita do Rio Ibicuí¹⁵. A bacia do Rio Ibicuí faz parte da grande bacia do Rio Uruguai, e possui 36.397,69 km², situados na fronteira oeste do Estado, compreendendo parte das regiões fisiográficas da Campanha, Missões e Depressão Central. As bacias hidrográficas de estudo integram-se a bacia do Ibicuí, fazendo parte do Comitê de Gerenciamento do Ibicuí¹⁶.

Além de apresentar as bacias hidrográficas de maior extensão e representatividade dos municípios de Manoel Viana e São Francisco de Assis, como as Bacias Hidrográficas do Lajeado Cunha, Piraju, Restinga do Salso, Caraguataí e Miracatu, a área de estudo abrange ainda, sete pequenas microbacias, que deságuam no Rio Ibicuí (Figura 8).

¹⁵ Em tupi-guarani, Ibicuí significa "rio das areias" - a presença de areias brancas é justamente o aspecto mais marcante desse curso fluvial. Ver documentário a respeito do Rio Ibicuí em <http://mediacenter.clicrbs.com.br/templates/player.aspx?uf=1&contentID=22127&channel=45>

¹⁶ Segundo a Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA), o comitê foi instalado em agosto do ano de 2000.

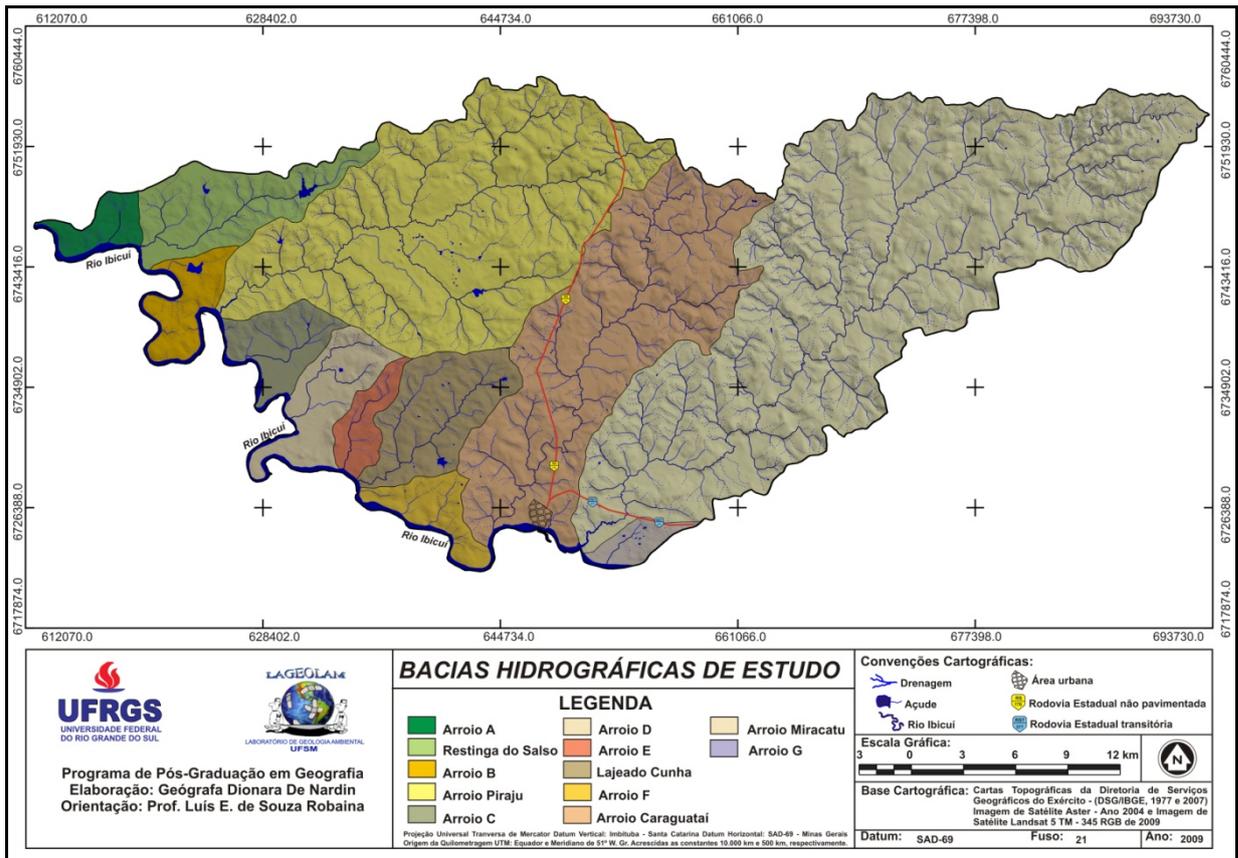


Figura 8: Bacias Hidrográficas que compõem a área de estudo.

Com relação às características morfométricas da rede de drenagem das bacias hidrográficas analisadas, os resultados demonstram que a magnitude total na área de estudo é de 1.718 canais de escoamento, sendo que destes 811 ocorrem na bacia hidrográfica do Arroio Miracatu. Essa expressiva quantidade de cabeceiras de drenagem oportuniza o desenvolvimento de processos erosivos marcantes em áreas onde os solos apresentam características de intensa fragilidade.

As bacias hidrográficas apresentam as seguintes áreas: a BH do Arroio Miracatu apresenta a maior área, com 584,31 km², seguida da BH do Piraju com 342,83. As bacias hidrográficas com áreas menores de 50 km², em um total de 7, apresentam comprimentos totais de até 50 km.

Com relação às hierarquias fluviais as bacias de estudo apresentam as seguintes hierarquias: BH do Miracatu que é composta pela maior hierarquia da área, chegando na 6^a ordem, a BH do Caraguataí e a BH do Piraju apresentam 5^a ordem, as BH Restinga do Salso, Lajeado Cunha e o Arroio B possuem a 4^a ordem, a BH do Arroio A e do Arroio C possuem 3^a ordem e por fim, a BH do Arroio D com uma hierarquia de 2^a ordem (Figura 9).

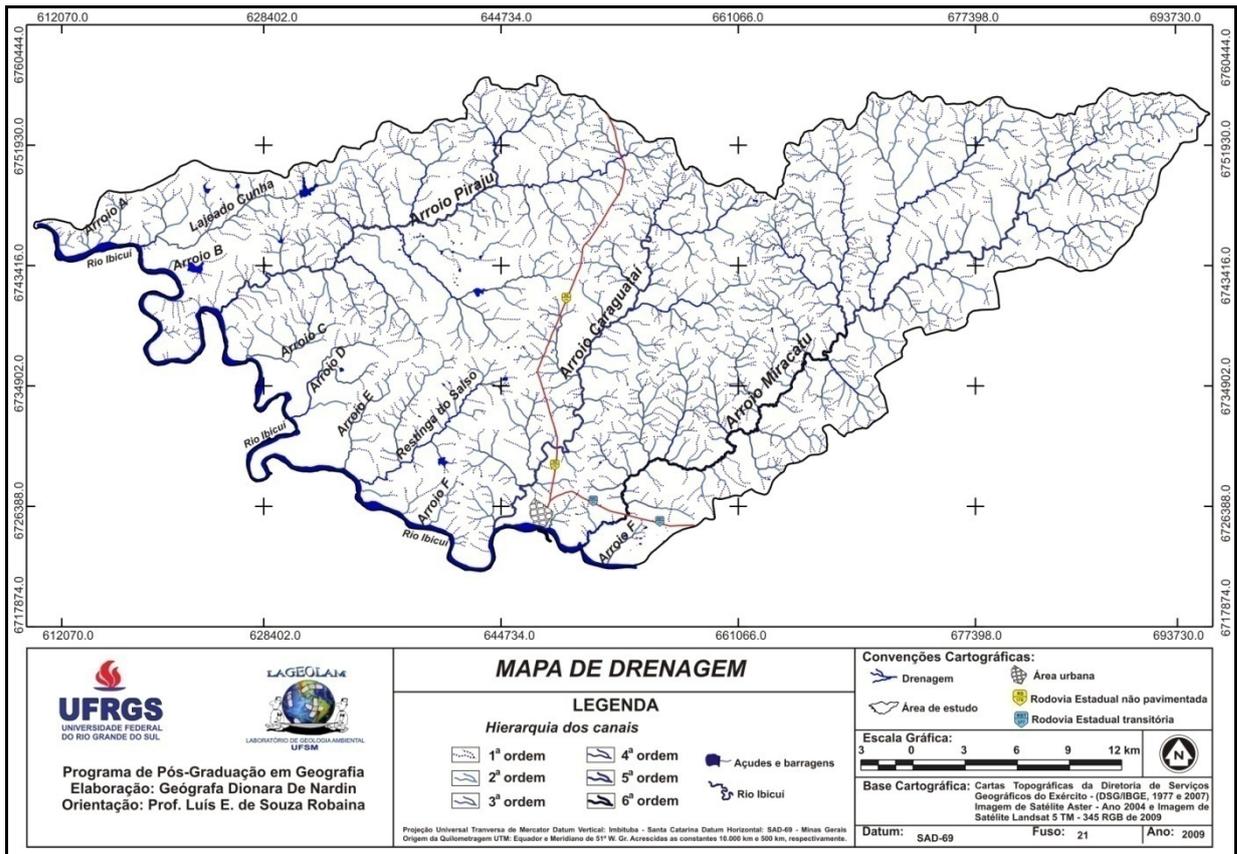


Figura 9: Mapa da rede de drenagem da área de estudo.

O sentido principal das drenagens é de NE-SW, desaguando junto ao Rio Ibicuí. Os canais apresentam um comprimento total de 2.213,75 km, em uma área com aproximadamente 1.500 km².

Com relação à densidade de drenagem a área apresenta 1,48 km/km², sendo classificada como uma área de baixa capacidade de drenagem. Esta característica geral das bacias está representada por um relevo mais suave com condições de alta permeabilidade devido ao predomínio de litologias arenosas.

Em outras palavras, para um mesmo tipo de clima como ocorre na área de estudo, a densidade de drenagem depende do comportamento hidrológico das rochas. Assim, nas rochas mais impermeáveis, como nas litologias vulcânicas, as condições para o escoamento superficial são melhores, possibilitando a formação de canais e, conseqüentemente, aumentando a densidade de drenagem. O contrário acontece com rochas de granulometria grossa, conforme define Horton (1945).

Ao verificar as condições de drenagem de cada bacia hidrográfica em análise, constatou-se uma maior densidade de canais na BH do Arroio Miracatu (1,69 km/km²), Caraguataí (1,52 km/km²), Piraju (1,48 km/km²), Restinga do Salso (1,28 km/km²), conforme tabela 2, essas bacias, embora apresentem valores baixos

possuem em seus limites, uma maior quantidade de rochas vulcânicas de baixa permeabilidade, se comparadas as outras bacias de estudo.

Tabela 2: Características morfométricas das bacias hidrográficas.

Bacias Hidrográficas	Área (km²)	Hierarquia	Magnitude	Densidade (Km/km²)	Forma (kf)	Comprimento Total (km)
Arroio A	19,63	3ª ordem	28 canais	1,25	1,36	24,54
Restinga do Salso	66,99	4ª ordem	64 canais	1,28	0,27	86,01
Arroio B	30,87	4ª ordem	28 canais	0,88	3,77	27,39
Arroio Piraju	342,83	5ª ordem	361 canais	1,48	0,20	508,47
Arroio C	34,84	3ª ordem	21 canais	0,99	0,57	34,55
Arroio D	46,37	2ª ordem	16 canais	0,62	0,45	28,83
Arroio E	19,59	2ª ordem	13 canais	1,19	0,24	23,34
Lajeado Cunha	63,45	4ª ordem	74 canais	0,76	0,32	48,49
Arroio F	28,05	2ª ordem	20 canais	0,97	1,44	27,32
Caraguataí	247,28	5ª ordem	276 canais	1,52	0,13	376,88
Arroio Miracatu	584,31	6ª ordem	811 canais	1,69	0,10	987,87
Arroio G	13,47	3ª ordem	6 canais	0,50	0,68	6,76
Total	1.500		1.718			

Elaboração: De Nardin, 2009.

O arranjo espacial dos cursos fluviais apresenta um padrão predominantemente retangular-dendrítico. O padrão retangular se deve ao significativo controle de falhas e fraturas onde os rios se estabelecem, e o dendrítico por ser típico de áreas onde se encontram, de acordo com Christofletti (1980), rochas de resistência uniforme ou estratificadas horizontalmente.

Com relação à forma (kf) das bacias, os cálculos demonstraram valores baixos para as bacias hidrográficas do Arroio Miracatu, Caraguataí, Piraju, Arroio E, Restinga do Salso, Lajeado Cunha, Arroio D, Arroio C, Arroio G. Uma bacia com fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com maior fator de forma. Isso ocorre porque em bacias estreitas e longas como as bacias citadas anteriormente, apresentando fator de forma baixo, há menor possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão. Já as bacias hidrográficas do Arroio B, Arroio F e Arroio A, apresentaram os valores mais altos, refletindo um formato estreito, e propenso a ocorrência de enchentes.

4.3 Análise das Características do Relevo

De modo geral, as bacias hidrográficas apresentam formas de relevo diversas, mas predominando uma morfologia colinosa, com interflúvios amplos e vertentes convexas.

4.3.1 Hipsometria

A área de estudo apresenta como menor cota altimétrica o nível de 60 metros, junto à planície do Rio Ibicuí. A maior cota é de 420 metros, resultando em uma amplitude altimétrica de 340 metros. Devido a diferença de amplitude, a área foi setorizada em 6 classes de altitude (quadro 1).

Intervalo de Classes	Área	Porcentagem
<80m	181,42 km ²	12,1%
80 - 120m	461,59 km ²	30,8%
120 - 200m	601,46 km ²	40,1%
200 - 300m	208,63 km ²	13,9%
300 - 380m	38,87 km ²	2,6%
>380m	6,18 km ²	0,4%
Total	1.498,17 km²	100%

Quadro 1: Intervalo das classes hipsométricas presentes na área de estudo.
Elaboração: De Nardin, 2009.

O mapa das altitudes (Figura 10) espacializa que as altitudes predominantes encontram-se entre o intervalo de 120 e 200 metros, correspondendo a 40% do total. Porções menores de 80 metros limitam-se as margens do Ibicuí adentrando as planícies do Arroio Piraju e demais arroios conforme mostra o mapa. Mais de 80% da área apresenta altitudes inferiores a 200 metros.

O intervalo de 200 a 300 metros representa a transição de um relevo mais suave, com litologias arenosas, para um relevo movimentado composto por rochas vulcânicas.

As porções acima de 300 metros estão localizadas a NE da área e representam apenas 3% do total das altitudes.

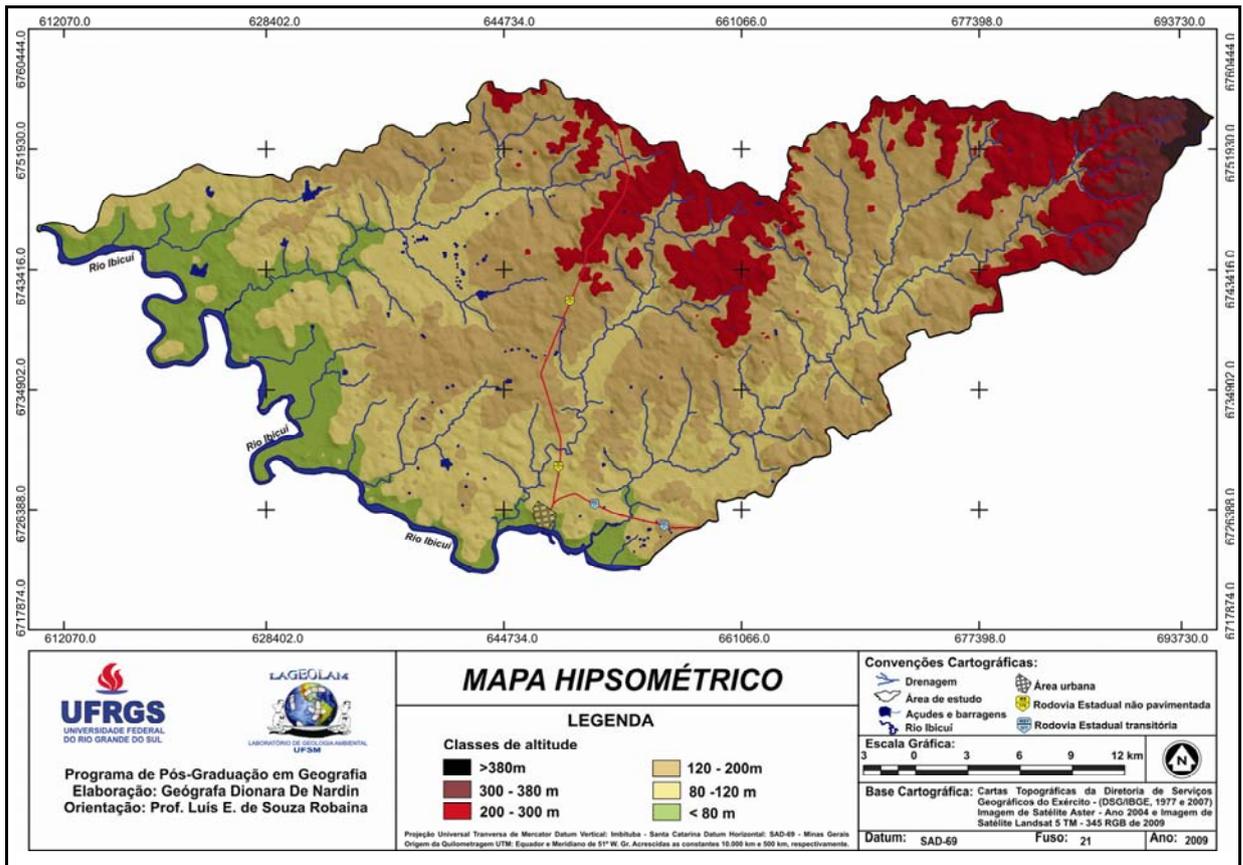


Figura 10: Mapa hipsométrico da área de estudo.

4.3.2 Declividade

O intervalo de declividade predominante é o menor de 2%, totalizando quase a metade da área de estudo (49,6%). Distribuem-se em todas as altitudes, sendo característicos dos relevos de planícies, nos amplos interflúvios e no topo dos morros e morrotes (Figura 11).

Essas áreas de baixa declividade também ocorrem associadas às vertentes amplas e suaves das coxilhas da Depressão Periférica. Já as maiores declividades estão associadas ao Rebordo do Planalto, ao norte, e aos morros testemunhos distribuídos pelas bacias.

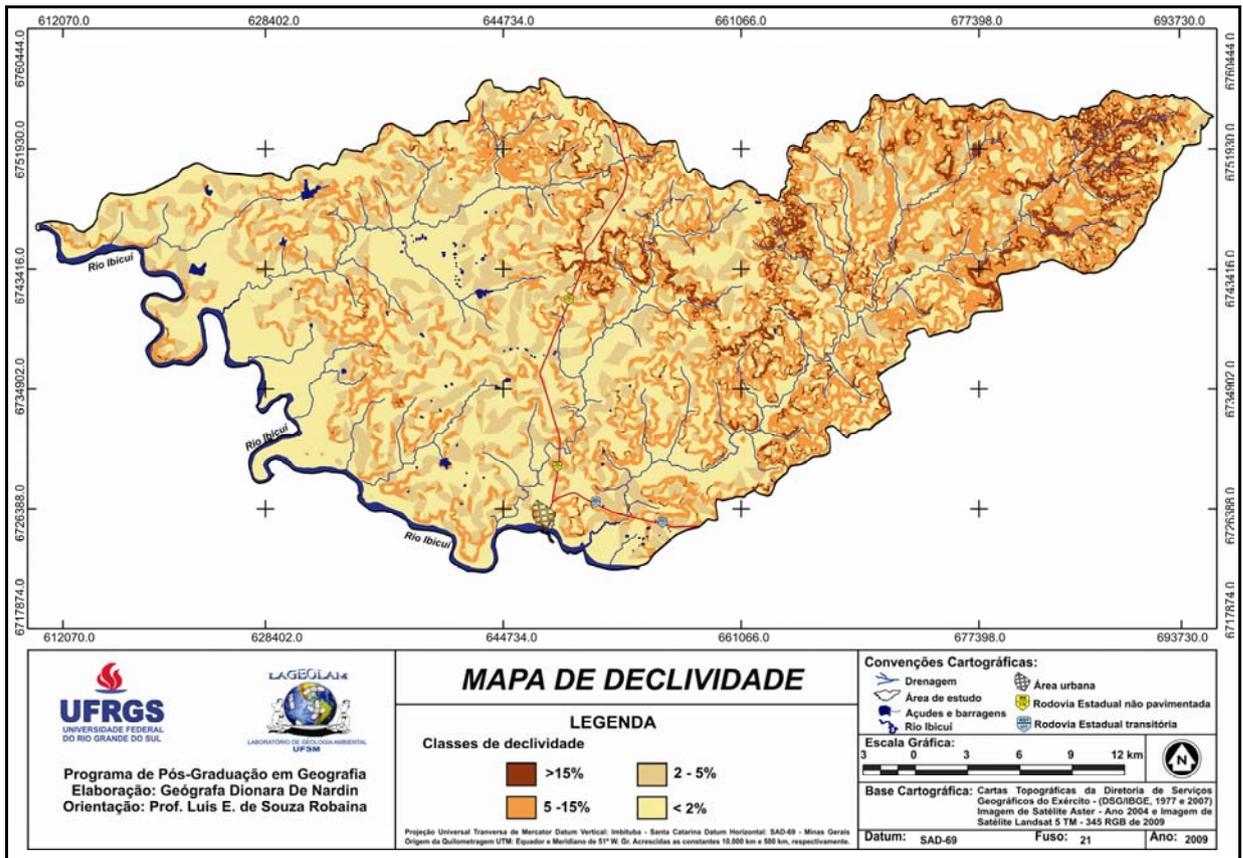


Figura 11: Mapa de declividade da área de estudo.

Com a definição das quatro classes de declividade demonstradas no quadro 2, evidenciou-se que a área de estudo apresenta variações na inclinação das vertentes, com uma maior concentração nas declividades baixas a média, característica do relevo colinoso da Campanha Gaúcha.

Intervalo de Classes	Área	Porcentagem
<2%	742,63 km ²	49,6%
2-5%	267,73 km ²	17,9%
5-15%	404,03 km ²	26,9%
>15%	83,76 km ²	5,6%
Total	1.498,17 km ²	100%

Quadro 2: Intervalo das declividades presentes na área de estudo.
Elaboração: De Nardin, 2009.

As declividades de maior inclinação (15%) marcam uma importante ruptura do relevo, onde inicia o Rebordo do Planalto, além de definir as encostas íngremes dos morros testemunhos. As declividades de 5 a 15%, que na área de estudo ocorrem

em 26,9%, da área total, representam os locais onde os processos erosivos passam a atuar mais intensamente.

4.3.3 Comprimento de vertente

O comprimento de vertente (rampa) é um parâmetro condicionante na instalação dos processos erosivos e quanto maior for este comprimento, maior será a suscetibilidade da encosta à erosão acelerada. Por ser um parâmetro importante na compreensão do relevo e dos processos que se desenvolvem nas encostas, foram avaliadas porções interfluviais em todas as bacias, que totalizaram 515 comprimentos de vertentes analisadas, conforme mostra o quadro 3.

De modo geral, os comprimentos de vertentes das bacias hidrográficas estudadas, apresentam distâncias curtas e médias, com aproximadamente 87% do total. As vertentes longas compreendem distâncias acima de 2400 metros, sendo mais freqüente próxima a planície do Ibicuí, e compreendem apenas 13% do total das vertentes analisadas.

Mais especificamente, os comprimentos de rampa que mais refletem a realidade das bacias em questão se distribuem entre 998 e 1746 metros, que representam vertentes curtas em relação à área das bacias, e que abrangem 42,5%, e o intervalo de 1747 a 2494 metros que representam vertentes de comprimento médio e cobrem 26% das bacias.

<i>Intervalo de Classes</i>	<i>Frequência</i>	<i>Porcentagem</i>
250 - 998	97	18,9%
998 - 1746	219	42,5%
1746 - 2494	134	26%
2494 - 3242	48	9,3%
3242 - 3990	17	3,3%
<i>Total</i>	515	100%

Quadro 3: Intervalo dos comprimentos de vertentes presentes na área de estudo.
Elaboração: De Nardin, 2009.

As vertentes com comprimentos longos ocorrem em maior número na BH do Caraguataí (23 CR), bacia esta que apresenta intensos processos erosivos em suas encostas. As vertentes mais curtas ocorrem com maior frequência nas demais

bacias analisadas, com destaque para a BH do Miracatu e BH do Piraju, com 212 e 58 vertentes curtas, respectivamente, conforme indica o quadro a seguir.

Bacias Hidrográficas/ Classes de CR	Limite Inferior	Limite Superior	Frequência
Bacia A			3
1	250	998	0
2	998	1746	2
3	1746	2494	1
4	2494	3242	0
5	3242	3990	0
Bacia B			5
1	250	998	1
2	998	1746	2
3	1746	2494	1
4	2494	3242	1
5	3242	3990	0
Restinga do Salso			24
1	250	998	2
2	998	1746	8
3	1746	2494	11
4	2494	3242	3
5	3242	3990	0
Arroio Piraju			112
1	250	998	8
2	998	1746	50
3	1746	2494	32
4	2494	3242	19
5	3242	3990	3
Bacia C			4
1	250	998	0
2	998	1746	0
3	1746	2494	2
4	2494	3242	2
5	3242	3990	0
Bacia D			3
1	250	998	0
2	998	1746	1
3	1746	2494	0
4	2494	3242	2
5	3242	3990	0
Bacia E			3
1	250	998	1
2	998	1746	0
3	1746	2494	2 (continua)

4	2494	3242	0
5	3242	3990	0
Lajeado Cunha			24
1	250	998	1
2	998	1746	9
3	1746	2494	11
4	2494	3242	3
5	3242	3990	0
Bacia F			3
1	250	998	0
2	998	1746	1
3	1746	2494	1
4	2494	3242	0
5	3242	3990	1
Arroio Caraguataí			69
1	250	998	2
2	998	1746	16
3	1746	2494	29
4	2494	3242	12
5	3242	3990	10
Arroio Miracatu			263
1	250	998	82
2	998	1746	130
3	1746	2494	44
4	2494	3242	5
5	3242	3990	2
Bacia G			2
1	250	998	0
2	998	1746	0
3	1746	2494	0
4	2494	3242	1
5	3242	3990	1
Total			515

Quadro 4: Distribuição dos comprimentos de vertentes por bacia.
Elaboração: De Nardin, 2009.

Tal parâmetro ilustra também a assimetria de algumas bacias hidrográficas, como é o caso da bacia hidrográfica do Arroio Miracatu, uma vez que apresenta vertentes mais alongadas na margem direita e mais estreitas na margem esquerda. Para identificar a diferença das margens das bacias hidrográficas foram traçados perfis transversais.

A figura 12 apresenta a localização dos diferentes perfis representativos das principais drenagens analisadas, que foram identificados no médio curso.

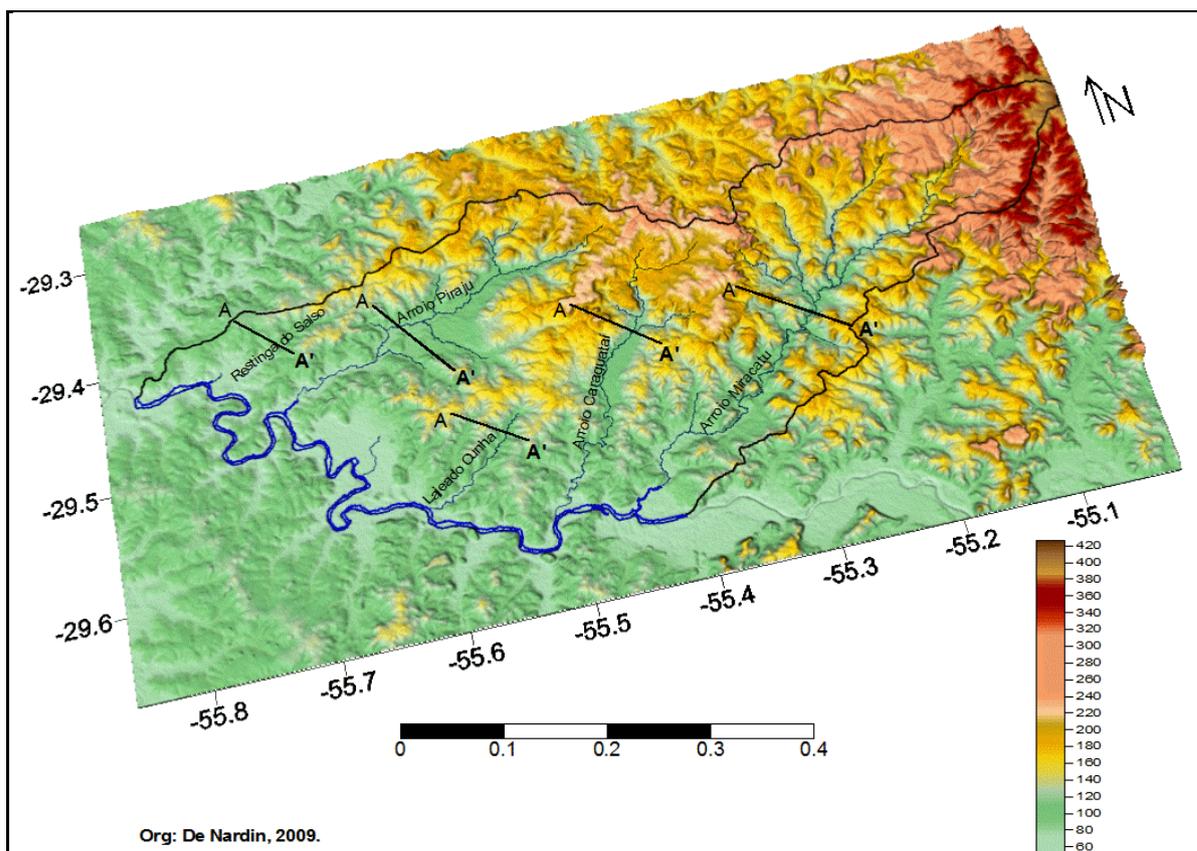


Figura 12: Localização dos perfis transversais nas bacias hidrográficas.

No caso da BH do Arroyo Miracatu a margem esquerda é mais estreita e possui os maiores declives se comparada à margem direita, conforme mostra o gráfico 4.

Nesta bacia predomina vertentes curtas e médias. A maior quantidade de vertentes curtas reflete a esculturação do relevo associado a vales encaixados, onde o entalhamento das vertentes forma uma topografia com vertentes de pequenos comprimentos, que são individualizados pela rede de drenagem. As vertentes curtas de até 998 metros, equivalem a 31,2% do total de vertentes medidas nesta bacia e predominam na montante e médio curso, onde existem as maiores declividades com vertentes íngremes e escarpadas, associadas às áreas do rebordo. As vertentes médias ocorrem em toda a bacia, com maior predomínio a jusante e médio curso do arroio e equivalem a 16,7% do total das vertentes medidas.

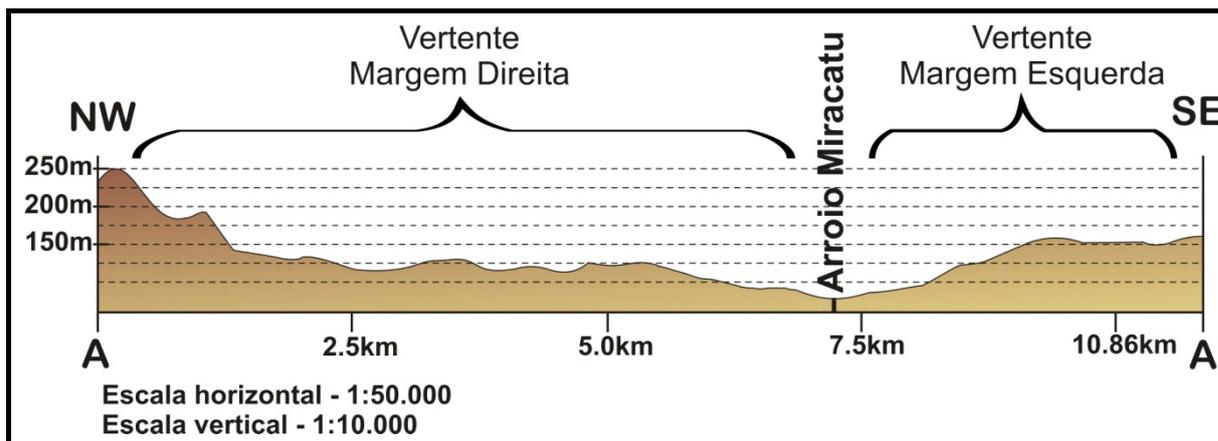


Gráfico 4: Perfil transversal da bacia hidrográfica do Arroio Miracatu.
Elaboração: De Nardin, 2009.

Já as vertentes longas estão relacionadas às colinas suavemente onduladas de topos planos e porções planas junto à foz, sendo encontrada em maior número a jusante, nas planícies do Ibicuí, representando apenas 2,7% do total. Estão localizadas ainda, em faixas estreitas próximas aos divisores de águas.

As margens que compõem a BH do Arroio Caraguataí encontram-se assimétricas em toda a extensão, com predomínio da margem direita mais alongada, conforme mostra o gráfico 5. Na faixa a montante ocorre uma inversão do exposto anteriormente, passando a margem esquerda ser mais alongada.

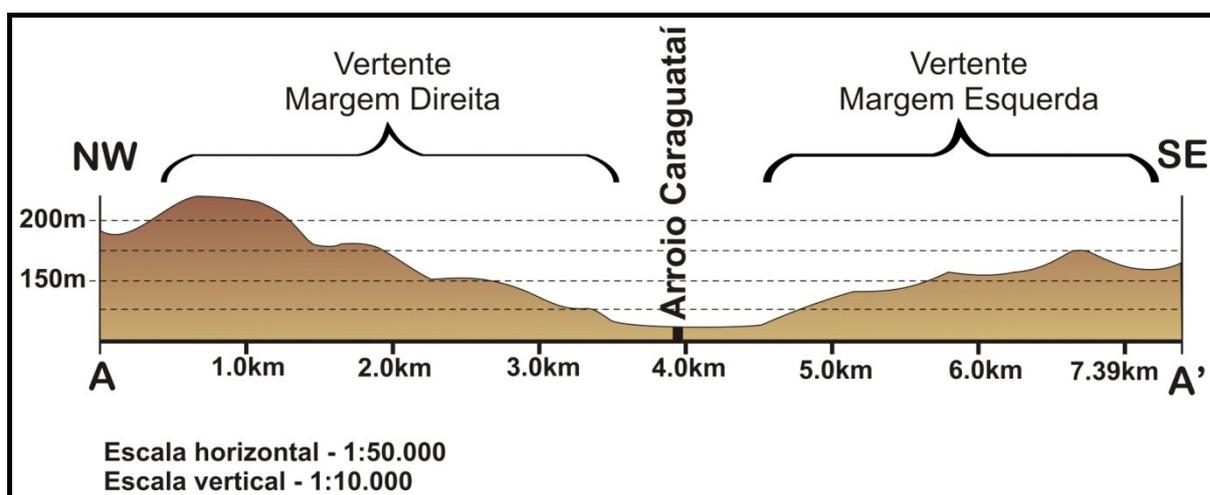


Gráfico 5: Perfil transversal da bacia hidrográfica do Arroio Caraguataí.
Elaboração: De Nardin, 2009.

Os comprimentos de vertente da BH do Caraguataí são predominantemente médios, com 42% do total analisado e curtos com 26%.

O Arroio Piraju apresenta um formato alargado e assimétrico com relação às margens. Conforme mostra o gráfico 6, a margem esquerda encontra-se mais

alongada, principalmente no médio curso, ficando o baixo curso, próximo a foz com dimensões similares e o alto curso com a margem direita mais desenvolvida. As vertentes, em sua maioria, apresentam comprimentos curtos (51%) e médios (28%).

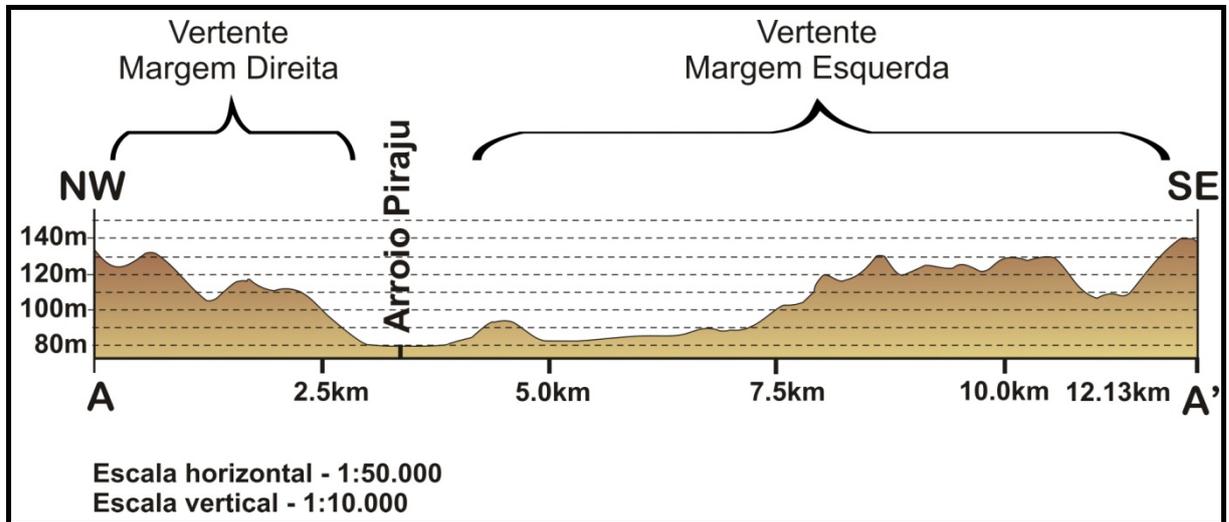


Gráfico 6: Perfil transversal da bacia hidrográfica do Arrojo Piraju.
Elaboração: De Nardin, 2009.

A bacia hidrográfica Restinga do Salso está configurada em um formato alongado, com uma assimetria bem marcada no médio curso (gráfico 7), não sendo observada no alto curso. As vertentes apresentam uma maior quantidade de comprimentos medianos, com 45% do total das vertentes analisadas nessa bacia.

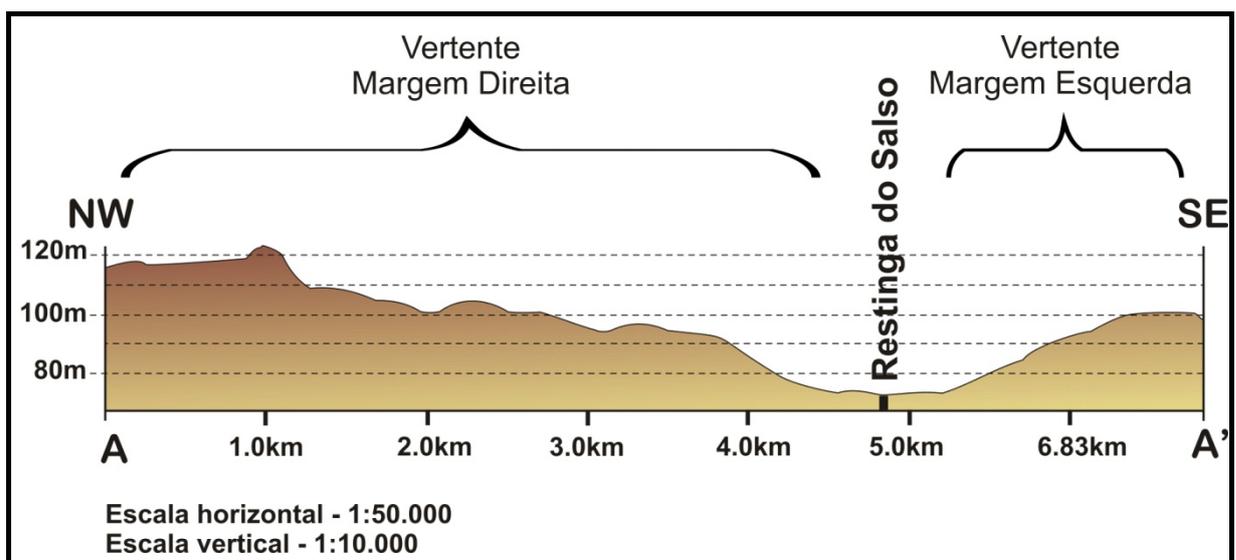


Gráfico 7: Perfil transversal do médio curso da bacia Restinga do Salso.
Elaboração: De Nardin, 2009.

Com relação ao formato da BH do Lajeado Cunha, esta se apresenta alargada e com certa simetria de suas margens, conforme gráfico 8. As vertentes predominam com comprimentos curtos (41%) e médios (45%).

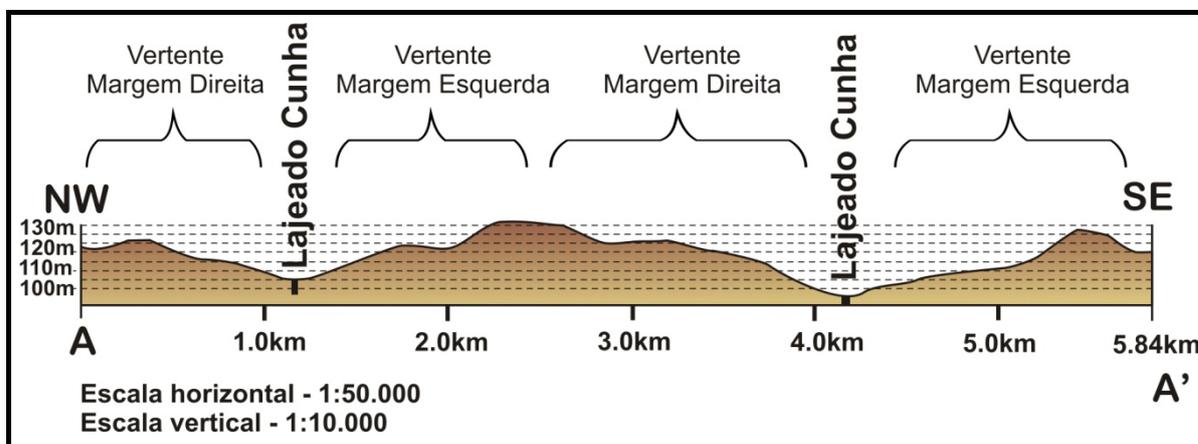


Gráfico 8: Perfil transversal da bacia hidrográfica do Lajeado Cunha.
Elaboração: De Nardin, 2009.

As microbacias com área inferior a 50 km² por possuírem algumas características semelhantes, serão analisadas em forma conjunta.

A drenagem A, apresenta certa simetria de suas margens, com uma extensão que ultrapassa 1,5 km em cada margem. As vertentes são curtas em toda a bacia. Por outro lado, a drenagem B possui suas margens assimétricas, com um maior desenvolvimento da margem esquerda, apresentando 1 km de extensão. Os comprimentos das vertentes são variados, com predomínio de vertentes curtas.

O formato da BH do Arroio C é alargado, apresentando margens assimétricas, onde a margem direita se sobressai em relação à margem oposta. O comprimento das vertentes é médio a longo. Os formatos das bacias hidrográficas D e E, são alongados e estreitos, cujas margens desenvolvem-se de forma diferenciada. Ambas as bacias apresentam a margem esquerda com maior extensão. Por serem bacias de pequena extensão apresentam poucas vertentes, e com comprimentos variados, predominando comprimentos medianos na Bacia D e longos na Bacia E.

A porção interfluvial que limita a drenagem F apresenta margens com certa simetria em uma das ramificações da drenagem e na outra apresenta um desequilíbrio das margens. As poucas vertentes da Bacia F se distribuem em comprimentos médios e longos. O canal de escoamento G apresenta margens assimétricas, com maior desenvolvimento da margem esquerda. As vertentes que circundam a Bacia G são vertentes longas.

4.3.4 Perfil das vertentes

Ao traçar as linhas sobre o terreno na carta topográfica, pode-se analisar o perfil de 515 vertentes, descrevendo suas inclinações nas bacias hidrográficas, onde foi possível observar a realidade que se contemplava no campo, o predomínio de vertentes convexas. Das vertentes analisadas 260 apresentaram um perfil convexo, 189 vertentes côncavas e 66 vertentes de perfil retilíneo.

Com relação aos perfis de vertente analisados, infere-se que em condições de clima quente e úmido, como o da área de estudo, as vertentes tendem a uma forma convexa, devido à ação dos processos morfogenéticos.

4.3.5 Formas de relevo

As formas do relevo foram analisadas por vertente, sendo classificadas de acordo com a proposta do IPT (1981), e divididas em rampa, colina, morrote, morro, e morro com encosta suave (ver tabela 3), levando-se em conta a amplitude local e o gradiente. A identificação das formas de relevo ocorreu através da classificação morfométrica e das investigações realizadas em campo.

Tabela 3: Classificação dos tipos de relevo adaptado de IPT (1981)

<i>Amplitude Local</i>	<i>Gradiente Predominante</i>	<i>Formas de relevo</i>	<i>Ocorrência nas Bacias</i>
	< 5%	Rampa	61,2%
< 100	5 a 15%	Colina	28%
	> 15%	Morrote	1,9%
100 a 300	5 a 15%	Morro com encosta suave	8,5%
	> 15%	Morro	0,4%
Total			100%

Elaboração: De Nardin, 2009.

A definição de rampas ocorreu a partir da identificação de porções planas e alongadas nos interflúvios e nos topos de morros e morrotes, onde as declividades são baixas, conferindo à paisagem uma topografia plana. As rampas e colinas são as formações mais comuns encontradas na área.

A identificação das colinas, conhecidas regionalmente por “coxilhas”¹⁷, deu-se a partir da diferenciação das elevações de relevo com características mamelonares, amplitudes inferiores a 100 metros e declividades suaves.

As colinas aparecem em maior número no centro das bacias, e predominam na bacia do Arroio Miracatu, já as rampas aparecem em maior quantidade no baixo e médio curso de todas as bacias, sendo muito representativa no Arroio Piraju.

A forma de relevo de morrotes, regionalmente conhecidos como “cerros”, foi identificada através das encostas íngremes e formato isolado, característicos de morros testemunhos e cerros. Na área de estudo, estas feições apresentam uma amplitude não superior a 30 metros.

Estas feições não são identificadas claramente através da análise dos comprimentos de rampa, uma vez que ao analisar a vertente como um todo, as medidas inferem altas amplitudes e acabam não identificando os morrotes que se estabelecem no topo das colinas.

Os morrotes isolados foram identificados principalmente no alto curso e no centro da bacia do Arroio Miracatu, e no alto curso das bacias do Piraju e Caraguataí associados ao Rebordo do Planalto, ou seja, nos locais com maiores inclinações e nas proximidades dos morros com encosta suave. Os morros foram localizados em algumas porções no setor nordeste das bacias, nas áreas do rebordo.

4.3.6 Compartimentação do relevo

A compartimentação do relevo das bacias hidrográficas permitiu a definição de porções com características distintas, seja de declividade, altitudes, comprimento e perfil de vertentes, como também de formas diferenciadas de relevo.

Conforme apresentado no mapa (Figura 13), a compartimentação do relevo permitiu a distribuição de rampas em fundo de vale, colinas levemente onduladas, associação de morrotes e colinas onduladas, associação morros e morrotes, colinas onduladas, morrotes isolados e escarpas.

As vertentes côncavas, convexas e retilíneas aparecem em toda a área de estudo, tendo um predomínio de vertentes convexas.

As rampas em fundo de vale compreendem as áreas de relevo plano,

¹⁷ Coxilha representa uma denominação regional as elevações alongadas, com topos arredondados e de pouca altitude, que se destacam nas áreas da Campanha gaúcha, e cujo perfil, visto de longe, apresenta um aspecto de faca (cuchilla, em espanhol).

localizadas próximo as drenagens. Nessas porções a declividade é menor do que 2%, as altitudes chegam a 120 metros e os comprimentos das vertentes são longos.

As colinas levemente onduladas são predominantes nas bacias e representam um relevo com uma morfologia suave, onde as declividades variam entre 2 e 5%, chegando a apresentar 15% em algumas porções. As altitudes alcançam os 200 metros.

A associação de morrotes e colinas ocorrem a norte e nordeste das bacias e representam relevos com declividade predominantes superiores a 15%.

A associação de morros e morrotes ocorrem no alto curso, mais especificamente na bacia do Arroio Miracatu, porção NE da área estudada. Nestes locais as declividades são bem acentuadas, maiores que 15% e as altitudes são maiores que 300 metros. Nestes setores encontram-se vertentes entalhadas, que formam vales encaixados de encostas íngremes, com um grande número de cabeceiras de drenagem. Os comprimentos das vertentes são curtos.

As colinas onduladas ocorrem acima dos 380 metros de altitudes, onde as declividades são menores que 15%. Os comprimentos de vertentes são médios e predominam as formas de colinas.

Os morrotes foram definidos pela ocorrência de formas isoladas de relevo, dispostas na parte superior das colinas areníticas e localizados no médio e alto curso das bacias. Possuem amplitudes médias entre 20 e 30 metros e vertentes com inclinações maiores que 15%, formando escarpas rochosas com topo frequentemente plano. A drenagem apresenta-se com maior densidade relacionada à rochas mais impermeáveis e um relevo fortemente ondulado, compreendendo locais onde as altitudes são em geral, menores que 200 metros, podendo chegar em alguns pontos a 300 metros. Nos morrotes ocorrem processos de dissecação, associados a movimentos de massa devido às altas declividades.

As escarpas compreendem as vertentes que formam faixas com inclinações superiores a 15 %, de forma contínua e ao longo dos morrotes isolados, onde o relevo se caracteriza por apresentar uma topografia escarpada de comprimentos de rampa curtos em altitudes superiores a 200 metros. O relevo escarpado é identificado nas cartas topográficas por curvas de níveis muito próximas ou sobrepostas, nas imagens de satélite e em campo, essas feições se sobressaem no relevo com uma abundante concentração de vegetação. No alto curso das bacias aparecem em áreas com altitude maior que 300 metros.

Quando as escarpas não formam faixas contínuas, mas ocorrem feições identificadas como o estágio inicial da formação dos morrotes, pode ser encontrada uma forma de relevo definida como cornija¹⁸. Nestas porções, são identificados degraus com afloramentos de rochas, em geral na meia encosta associados às colinas de arenito.

¹⁸ Este termo vem do italiano *Corniche* e significa coroa. A cornija é uma forma abrupta saliente, de dimensões variadas, capeada por uma camada de rocha dura (GUERRA e GUERRA, 2005).

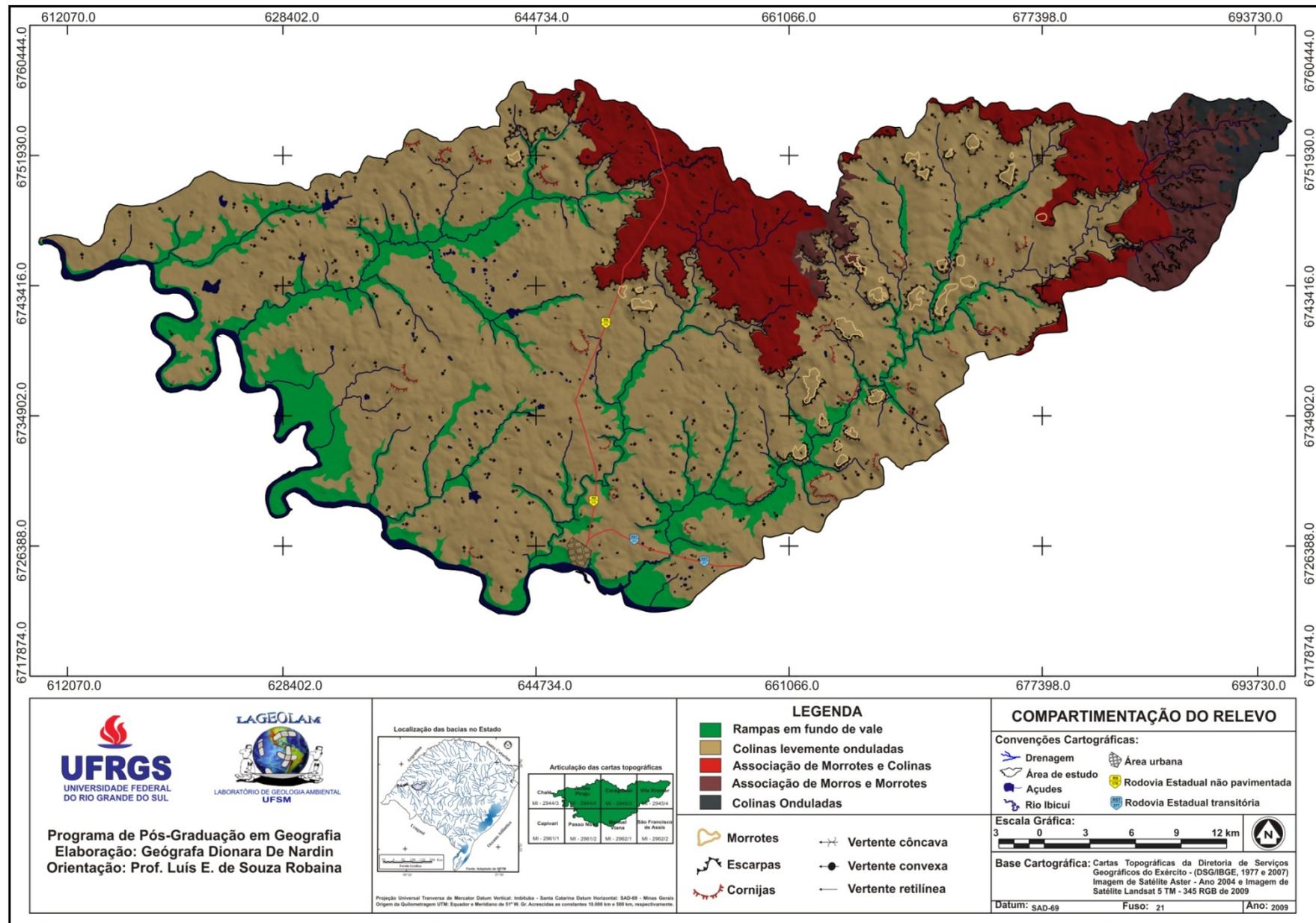


Figura 13: Compartimentação do relevo das bacias hidrográficas.

4.4 Características e distribuição das Litologias

A determinação das litologias encontradas na área de estudo permitiu identificar as rochas mais abundantes em cada unidade, relacionando suas características (textura, estrutura e desagregação) e indicando seu potencial de suscetibilidade à erosão.

As seqüências litológicas estão associadas aos eventos finais da Bacia do Paraná e, as mais recentes, associadas às áreas de acumulação, formando os depósitos aluviais do rio Ibicuí e seus afluentes.

4.4.1 Depósitos recentes

As seqüências litológicas mais recentes ocorrem nas áreas de acumulação, junto à planície de inundação, na calha dos arroios e ao longo dos seus afluentes, e nas proximidades do Rio Ibicuí (Foto 1 – Figura 15). Estes depósitos aluviais totalizam 13,9% da área e são compostos de areia grossa a fina, e sedimentos siltico argiloso, sendo encontrados em altitudes com até 120 metros, em relevo de planícies.

4.4.2 Seqüência de rochas vulcânicas

As rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, apresentam composição básica e ácida, originadas a partir dos derrames provenientes do vulcanismo fissural, ocorrido na bacia do Paraná e conforme Scherer *et al.* (2002) com idade referente a Era Mesozóica.

Estas rochas ocorrem arrançadas conforme um padrão decrescente de idades em direção ao topo. Isso reflete um comportamento de empilhamento de lavas, (provavelmente 5 seqüências de derrames na área de estudo), determinados pela observação da textura e estrutura das rochas. A seqüência de derrames é identificada na forma de patamares nas encostas dos vales.

As rochas vulcânicas encontram-se sobre o arenito eólico no alto curso da Bacia Hidrográfica do Arroio Miracatu, na margem direita do médio curso e no baixo curso dessa bacia. Na Bacia do Arroio Caraguataí as rochas vulcânicas ocorrem em extensa porção no baixo curso e em faixa estreita no alto curso. No Arroio Piraju estas litologias ocorrem em alguns topos de colinas na porção central da bacia e no

alto curso. Na Restinga do Salso as rochas vulcânicas voltam a aparecer em altitudes mais baixas, cobrindo toda a bacia.

As rochas vulcânicas identificadas em diferentes porções da área de estudo, apresentam derrames com espessura variável (até aproximadamente 60 metros), e afloram em topografias diversas, expondo zonas variadas dos derrames. A disposição dessas zonas define da base ao topo do derrame quatro porções com características distintas.

Ora as zonas de base do derrame se expõem na superfície, através de rochas constituídas por material vítreo, decorrente do resfriamento muito rápido da lava em contato com a superfície. Ora afloram as porções de diaclases horizontais, e textura afanítica, devido ao resfriamento mais lento da lava, ocorrendo, por vezes, algumas vesículas alongadas no sentido horizontal.

As porções centrais do derrame aparecem na superfície, através das diaclases verticais, constituído por textura mais grosseira, devido o resfriamento ter sido muito mais lento. Aparecem ainda, porções de maior alteração, com grande quantidade de vesículas amigdalóides e geodos, além de porções brechóides que identificam porções de topo de derrame (Figura 14).

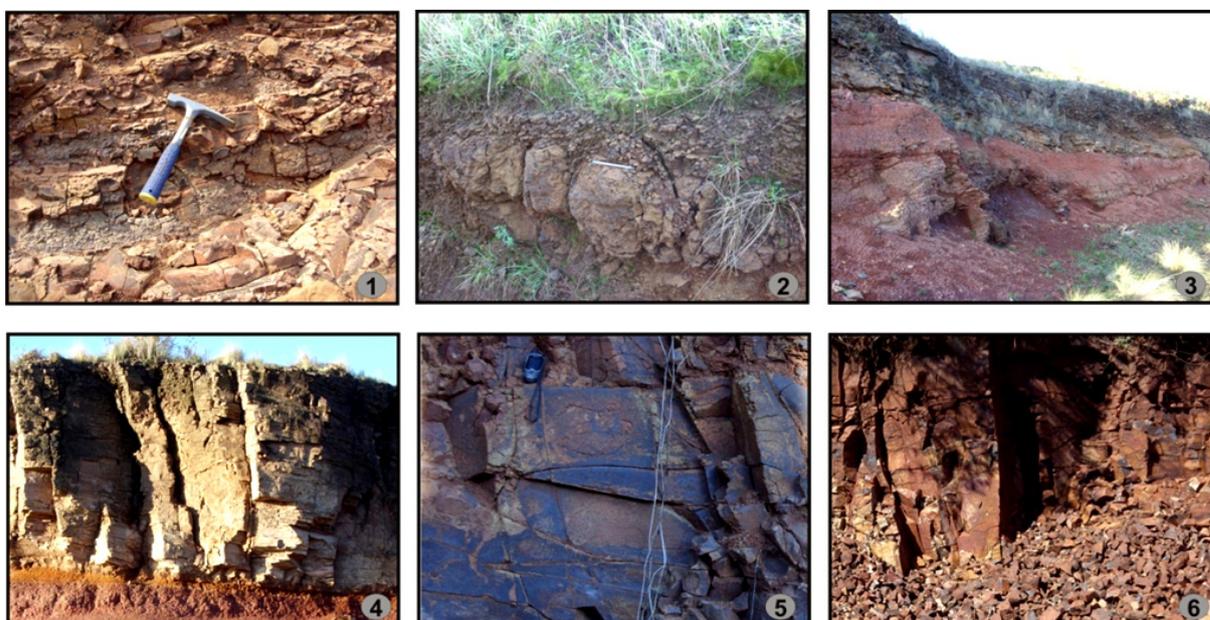


Figura 14: Porções aflorante dos derrames de rochas vulcânicas.

Fonte: Trabalho de campo, 2008.

Estas diferenças são perceptíveis em campo e permitem identificar mudanças no relevo e nos tipos de solos, devido às diferenças no processo de intemperização dos derrames. Nas escarpas, as zonas da base e de diaclases horizontais são

geralmente locais com surgências de água e menor resistência a decomposição, o que condiciona o crescimento de vegetação arbórea. Estas características tornam possível a identificação de pacotes de rochas vulcânicas que pertencem a mais de um derrame.

Alguns morros e morrotes isolados possuem uma capa fina de rocha vulcânica, testemunhando o recuo dos derrames devido aos processos erosivos. A vegetação é mais desenvolvida nas escarpas destas feições de relevo. Os movimentos de massa e deslocamento de blocos são característicos desses locais.

No alto curso da BH do Arroio Miracatu (representado no ponto A do perfil – Figura 17) encontra-se a maior seqüência de derrames, 5 derrames, identificados através de linhas de contatos que refletem diferentes estruturas e textura das rochas, além da formação de degraus que possibilitam o acúmulo de água, e onde predominam uma topografia de morros e morrotes de encostas íngremes e declividades superiores a 15 %. A formação de degraus nas escarpas abruptas associa-se aos contatos dos derrames.

Nas porções de topo de derrame foram encontradas rochas com características maciças, textura afanítica e cor cinza escura, quase vítrea, devido ao resfriamento rápido em contato com a superfície. Em algumas porções encontradas próximas aos contatos de derrames ocorrem vesículas de tamanhos variados e afloramento de blocos brechóides que formam um solo raso em um relevo formado pelo patamar do contato.

Uma pequena faixa no alto curso do Arroio Miracatu/Taquari, pertence ao que Wildner *et al.* (2006) identifica como Fácies Caxias, composta por derrames de composição intermediária a ácida, apresentando forte disjunção tabular no topo dos derrames e na porção central maciço, onde as vesículas são preenchidas predominantemente por ágata e calcedônia.

Em direção às camadas intermediárias dos derrames, as vesículas quando aparecem são mais alongadas, com disposição de camadas em fraturamentos horizontais. Essas fraturas foram provocadas devido à diferença de fluxo entre a base e o centro do derrame.

A seqüência de rochas vulcânicas ocorre em 27,6% da área, em altitudes superiores a 200 metros no alto curso do Arroio Miracatu.

As demais ocorrências de rochas vulcânicas aparecem em porções mais dissecadas do relevo, identificadas como resquícios ao que Wildner *et al.* (2006)

considera como a Fácies Gramado, formada por derrames basálticos granulares finos a médio, com horizontes vesiculares preenchidos por zeolitas, carbonatos, entre outros, estando intercalado com os arenitos Botucatu. Ocorrem em altitudes inferiores a 300 metros na porção centro oeste do Miracatu, e inferiores a 160 metros na margem direita do baixo curso da bacia. No Arroio Caraguataí, as rochas vulcânicas ocorrem abaixo dos 180 metros no baixo curso, e acima dos 240 no alto curso. No Arroio Piraju, essas litologias ocorrem acima dos 180 metros no alto curso, já na porção central da bacia aparecem nos topos das colinas em altitudes acima de 120 metros.

A faixa isolada de rochas vulcânicas localizadas ao longo da Restinga do Salso representa a Fácies Alegrete dos derrames da Formação Serra Geral, identificado por Wildner *et al.* (2006), a qual é composta por derrames de composição intermediária a ácida, com freqüentes texturas de fluxo e autobrechas no topo e na base dos derrames.

4.4.3 Sequência de arenitos eólicos

As rochas sedimentares de origem eólica são compostas por arenito avermelhado, finos a médios, bem selecionados com grãos arredondados e com alta esferecidade. Estas rochas apresentam *sets* com estratificação cruzada alongada e conforme interpretações desta pesquisa podem ser enquadradas como pertencente à sequência litoestratigráfica Formação Botucatu.

A Formação Botucatu está representada por depósitos arenosos de dunas que se desenvolveram no Jurássico, conforme Scherer *et al.* (2002).

Nos intervalos entre os sucessivos pacotes de lavas ocorre, eventualmente, a deposição de sedimentos arenosos, constituindo os arenitos intertrápicos.

Topograficamente, estas litologias ocorrem em duas formas distintas, uma acima do arenito fluvial e outra acima da primeira camada de derrame, apresentando um comportamento intertrápico. Este último ocorre em altitudes superiores a 200 metros. Esta sequência litológica ocorre em 12,7% da área total.

Quando esses arenitos são silicificados condicionam o relevo de morrotes isolados e cornijas, de topo plano e coeso, constituindo-se por uma camada rígida e escarpas abruptas.

4.4.4 Sequência de arenitos fluviais

O substrato litológico mais antigo é identificado por uma sequência de arenitos com grânulos de características fluviais. Esta sequência foi definida devido à presença de grânulos de sílica esparsos e textura areia média a grossa, variando para sequências silte/areia na base, com cores esbranquiçadas a avermelhadas. As estratificações dessa sequência litológica são cruzadas de pequeno porte.

Em algumas porções a alta coesão dos grãos, devido à intensa concentração de óxido de ferro e, por vezes, sílica, confere as rochas maior resistência, geralmente nas camadas superiores, expondo feições de relevo com encostas íngremes e afloramentos de rochas. Por outro lado, estas rochas apresentam-se muito friáveis e, com alto grau de alteração, quando pouco cimentadas, o que condiciona a formação de intensos processos erosivos.

As litologias fluviais presentes na área estão associadas à sequência litoestratigráfica que Scherer *et al.* (2002) e Wildner *et al.* (2006) identificam como Formação Guará com sedimentação no final do Jurássico. As litologias desta sequência são predominantes nas bacias hidrográficas estudadas e correspondem a 45,8% do total. Ocorrem em altitudes inferiores a 200 metros, na Bacia Hidrográfica do Arroio Miracatu, e em altitudes inferiores a 240 metros nas demais bacias hidrográficas.

A figura 15 apresenta um croqui das litologias presentes na área de estudo. O perfil se estende de SO a NE e expõe um recorte das sequências estratigráficas pertencentes à bacia do Arroio Miracatu. Na figura estão apresentadas 4 fotografias assim descritas: A fotografia 1 representa a ocorrência dos depósitos recentes do Ibicuí, a fotografia 2 o arenito granular de origem fluvial, com estratificação cruzada acanalada, a fotografia 3 os derrames vulcânicos em camadas horizontais, e por fim os depósitos de arenito eólico com estratificação de alto ângulo.

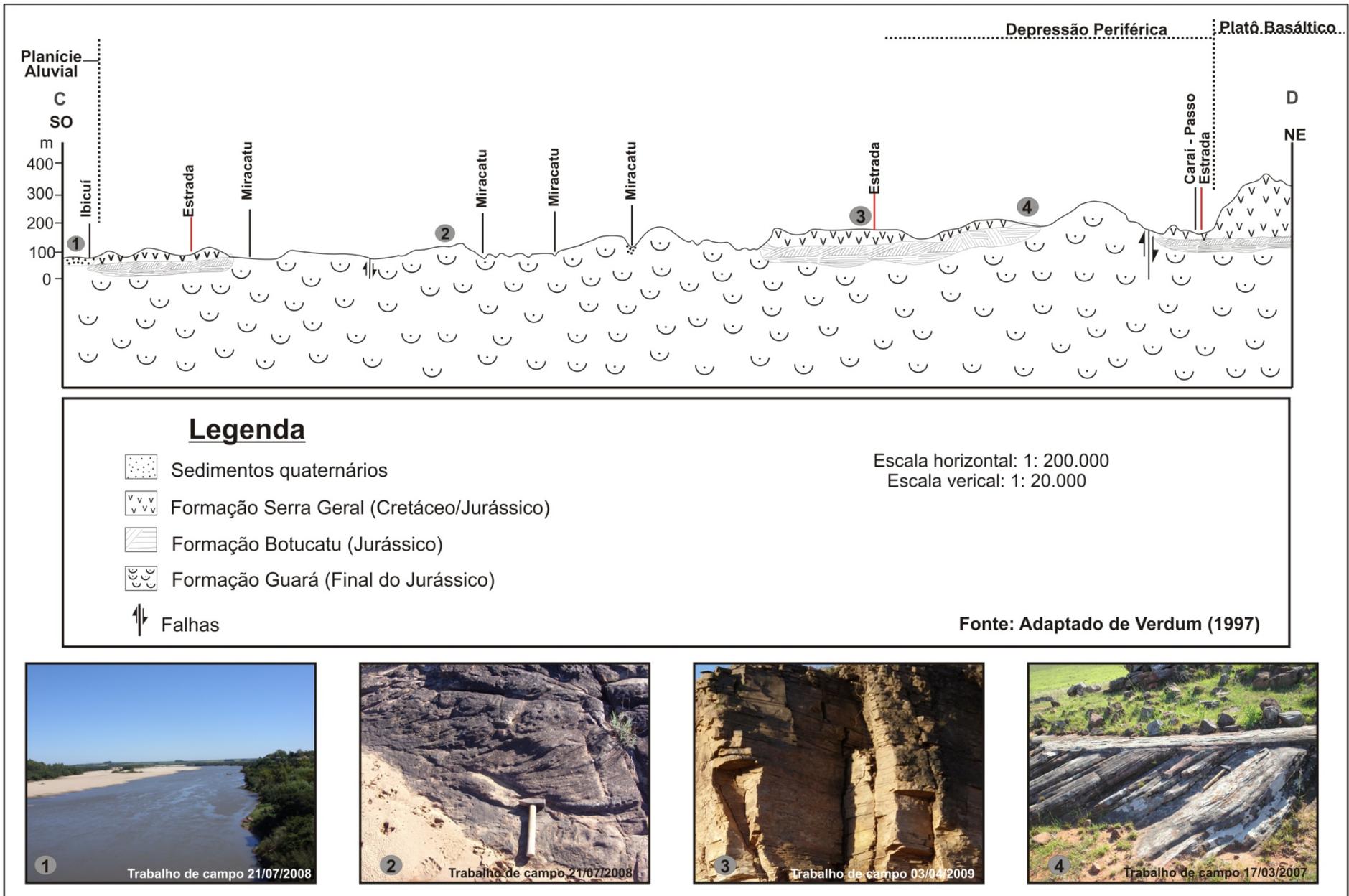


Figura 15: Croqui representativo das litologias presente nas bacias hidrográficas.

As litologias identificadas afloram na paisagem de forma distinta, manifestando a resistência das rochas frente aos processos exógenos e conferindo na topografia, condições de relevo típicas do oeste gaúcho.

As colinas arenosas formam relevos suaves, resultado da alteração do arenito fluvial ou eólico, que por vezes aflora em porções próximas a relevo mais movimentado, como os cerros e cornijas. No caso dos arenitos eólicos, a rocha aflora na forma de blocos em superfície, com grânulos bem selecionados (foto A - Figura 16) ou se expõe misturado com o solo (foto B – Figura 16). Da mesma forma, os arenitos fluviais ocorrem em forma de blocos com grânulos mal selecionados (foto C - Figura 16), ou formando lajeado próximo ao solo (foto D - Figura 16).

Já as rochas vulcânicas aparecem na topografia formando colinas, morros e morrotes com escarpas abruptas, de modo geral, na forma de lajes (foto E - Figura 16) e blocos, e nos cortes de estrada (foto F - Figura 16), expondo porções distintas dos derrames.

Os depósitos recentes se formam ao longo dos rios, manifestando a dinâmica hídrica dos canais de escoamento, que erodem e depositam nas margens os sedimentos das rochas presente ao longo das bacias hidrográficas drenadas (foto G e H - Figura 16).

As características apresentadas mostram que as condições atuais das bacias hidrográficas refletem um forte controle estrutural com feições morfológicas distintas. O padrão de drenagem identificado nas bacias como retangular, revela que a área possui controles estruturais preferenciais na direção NE e NW, e E-W que ocasiona contatos retos e mudanças abruptas do curso.

As pesquisas recentes desenvolvidas por De Nardin e Robaina (2006 e 2007) indicam uma estrutura, produto de soerguimento que expõem o substrato de arenitos fluviais que são estratigraficamente mais antigos (Figura 17), sendo definido como Alto do Miracatu.



Figura 16: Exemplos de paisagens relacionadas com as litologias das bacias. (A) e (B) Afloramentos de arenito eólico com estratos cruzados de alto ângulo - Trabalho de campo 2007/2008. (C) e (D) Afloramento de arenito fluvial com grânulos - Trabalho de campo 2008. (E) Lajes de rochas vulcânicas - Trabalho de campo 2008. (F) Afloramento de rochas vulcânicas - Trabalho de campo 2008. (G) Depósitos recentes do Arroio Miracatu. Trabalho de campo 2007. (H) Depósitos recentes do Arroio Piraju. Trabalho de campo 2008.

O Alto do Miracatu, atualmente não possui as maiores altitudes, conforme comprovado no perfil esquemático, devido aos intensos processos erosivos que foram desintegrando as camadas mais resistentes e expondo os arenitos fluviais.

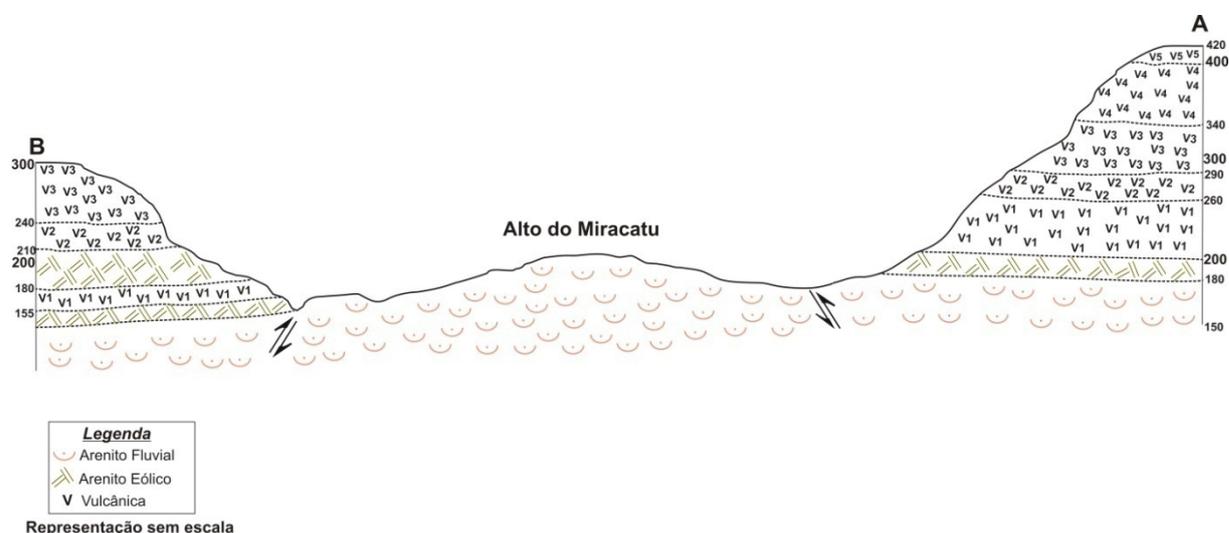


Figura 17: Perfil litológico esquemático evidenciando o Alto do Miracatu. Elaboração: De Nardin, 2007.

Após o processo de arqueamento (pós-vulcanismos) que afetou a região, os rios estabeleceram seus vales nas fraturas, possibilitando um aspecto de vales encaixados e a formação de uma série de degraus que refletem a superposição das camadas sedimentares formando um relevo com escarpas íngremes em suas bordas.

Dentro desta temática destaca-se as investigações desenvolvidas por Carraro *et al.* *apud* Maciel Filho (1971) que já definiam uma estrutura dômica na região, cuja definição foi Domo de Itu.

Tendo como base o mapa de Wildner *et al.* (2005), Trainini (2005) evidenciou um grande alçamento estrutural na região oeste do RS, denominado "Muro de Manoel Viana", de origem neotectônica. Trainini chama a atenção de que a concentração da maioria das zonas em processo de arenização encontra-se dentro dos limites do "muro" e define esta área como um "alto potencialmente difusor de sedimentação".

A figura 18 apresenta a espacialização das litologias mapeadas.

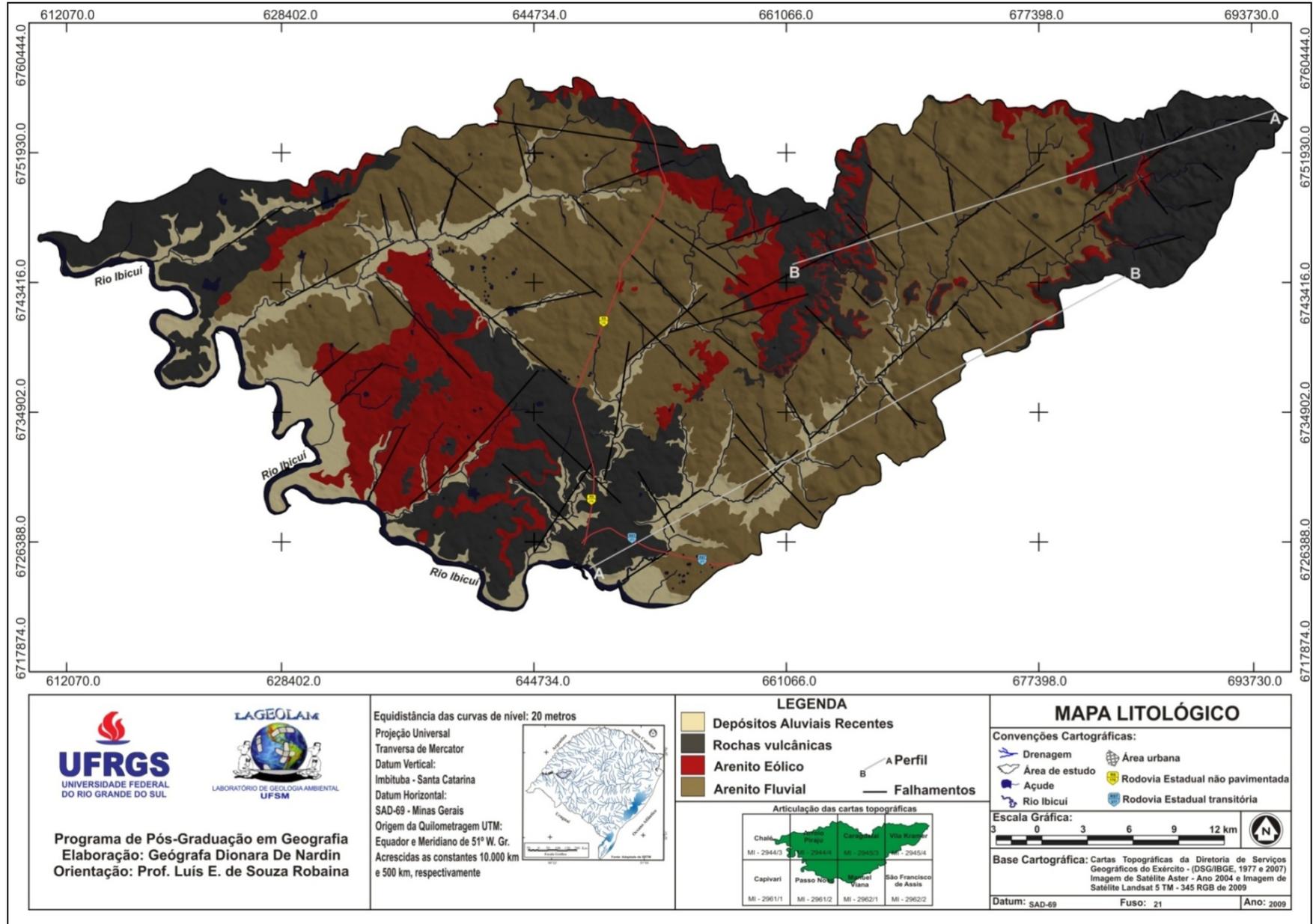


Figura 18: Distribuição das litologias nas bacias hidrográficas.

4.5 Características e distribuição dos Solos

A área de estudo apresenta uma grande diversidade de relevo e de litologias, que são os principais responsáveis pela variedade e distribuição dos solos encontrada na área de estudo e representada no mapa simplificado dos solos (Figura 19). A identificação das características e distribuição dos solos tem por base as informações de campo e as análises em laboratório de 14 amostras de solos, que contemplaram os diferentes compartimentos geomorfológicos da área.

De modo geral, os solos predominantes nas bacias hidrográficas são profundos, arenosos e friáveis, com pouco material ligante, desenvolvidos sobre substrato de arenitos.

Porém, para uma caracterização mais específica, buscando identificar as principais diferenças de textura e espessura do perfil¹⁹ dos solos, dividiu-se a área de estudo em 4 classes, relacionando à distribuição dos solos com o relevo e as litologias: Solos rasos em altitudes elevadas, solos rasos a bem desenvolvidos em rochas areníticas, solos rasos a bem desenvolvidos em colinas de rochas vulcânicas e solos hidromórficos.

4.5.1 Solos rasos em altitudes elevadas

Nas porções de maiores altitudes com substrato de rocha vulcânica, os solos são rasos e apresentam blocos dispersos. Estas áreas apresentam relevo de topo levemente ondulados e vertentes íngremes, associados aos morros e morrotes, que originam a formação de solos com perfil pouco profundo, e camadas de concreções de óxido de ferro próximas a rocha alterada (Figura 20).

As condições de drenagem destes solos variam de bem drenados a imperfeitamente drenados, dependendo da posição que ocupam na paisagem. As características descritas definem que os solos rasos desta unidade encontram-se em processo de transformação, o que permite identificá-los, de acordo com a Classificação dos solos do Rio Grande do Sul, como sendo *Cambissolos*.

¹⁹ O perfil do solo mostra uma sequência vertical de camadas mais ou menos paralelas à superfície, resultantes da ação dos processos de formação do solo (processos pedogenéticos). Estas camadas são chamadas de horizontes pedogenéticos que são diferenciados entre si pela espessura, cor, textura, estrutura ou outras características (STRECK *et al.* 2008, p. 17).

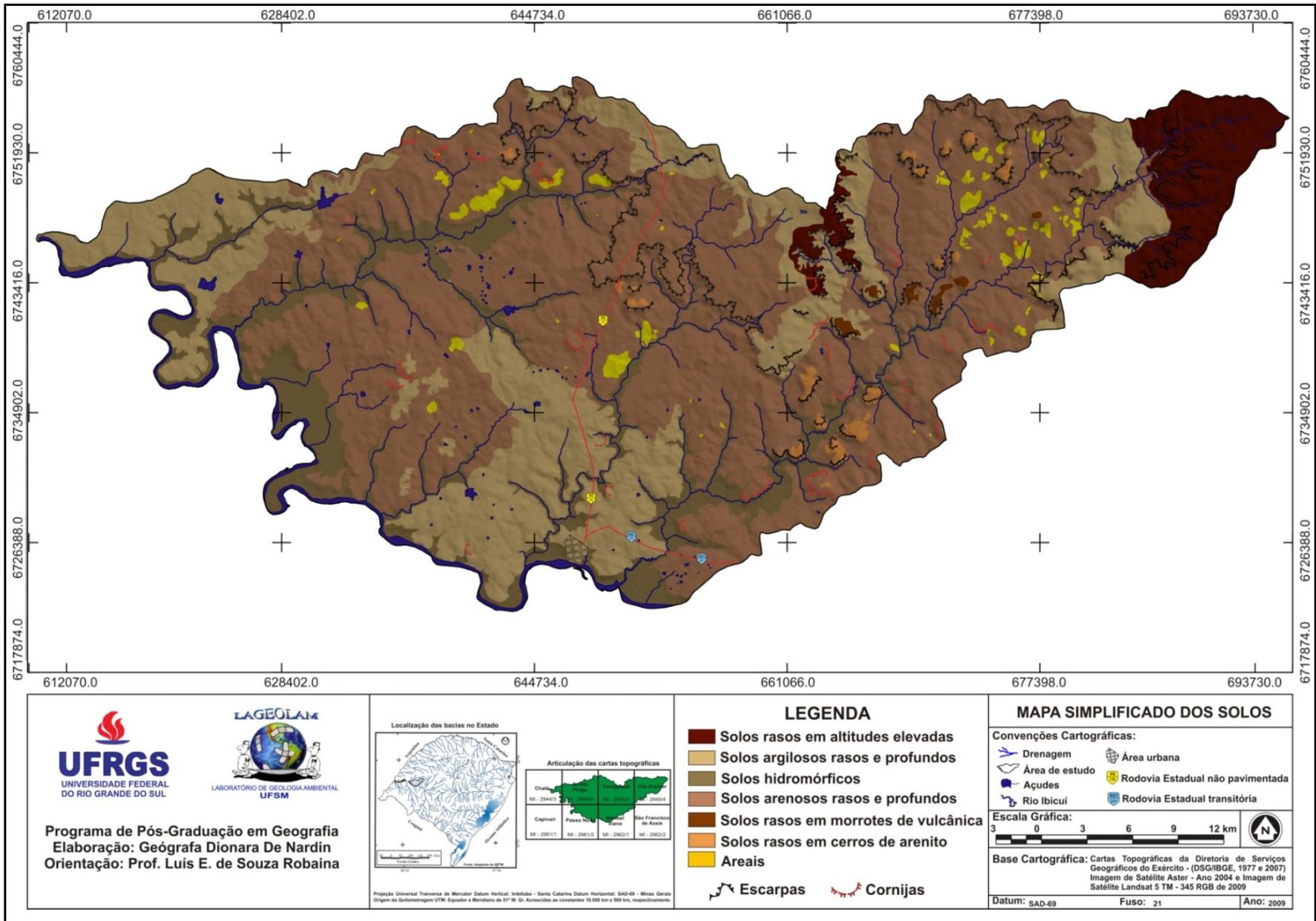


Figura 19: Distribuição simplificada dos solos nas bacias hidrográficas.

O termo *Cambissolo*²⁰ lembra um solo em processo incipiente de formação, ou seja, com horizonte B pouco desenvolvido, em contato com a rocha alterada, mas em condições suficientes para serem diferenciados dos outros horizontes.



Figura 20: Perfis e paisagens dos solos definidos como Cambissolos.

Fonte: Trabalho de campo, 2008 e 2009.

A ocorrência dos Cambissolos, na área de estudo, encontra-se altamente associada aos Neossolos. Razão pela qual, optou-se representá-los em associação no mapa de solos.

No perfil representativo (Figura 29) da associação dos solos com as litologias e o relevo, os *Cambissolos/Neossolos* são identificados nas numerações 1, 2 e 3, onde prevalecem os campos pedregosos com o uso de pecuária em zonas de altitudes elevadas do Planalto.

Nas encostas de maior inclinação, que correspondem ao rebordo, ocorrem depósitos de colúvio (Figura 29) e afloramentos de rochas, com a formação de solos pouco desenvolvidos, identificados como *Neossolos Litólicos*. Estes solos possuem formação muito recente, e por esse motivo acabam sendo rasos e misturados as rochas em superfície.

Os *Neossolos Litólicos* possuem horizontes A-C-R e A-R, devido a pouca profundidade para o desenvolvimento das raízes e para o armazenamento de água e, por ocorrerem em locais de relevo fortemente ondulado, em geral com pedregosidade e afloramentos de rochas.

Solos rasos com blocos de rochas associados ocorrem nas porções mais resistentes dos derrames vulcânicos, podendo corresponder às zonas centrais do derrame onde predominam os diaclasamentos verticais (Figura 21).

²⁰ Segundo estudos realizados por Streck *et al.* (2008).

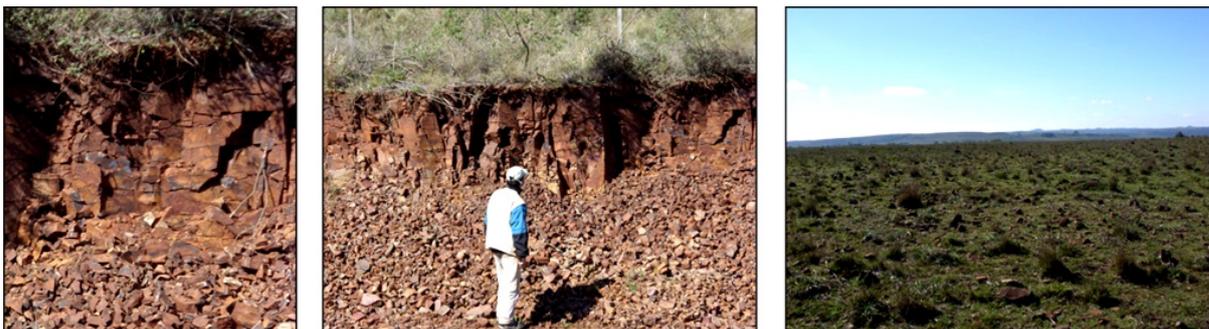


Figura 21: Perfil e paisagem de solos rasos em porção com diaclases verticais de derrames. Fonte: Trabalho de campo, 2008 e 2009.

Os solos pouco desenvolvidos também foram observados nas zonas de derrames com diaclases horizontais de pouca alteração. Provavelmente, nestas porções a formação do solo é incipiente devido à resistência da rocha aos processos de intemperismo (Figura 22).



Figura 22: Exemplos de solos rasos em porções com diaclases horizontais de derrames vulcânicos.

Fonte: Trabalho de campo, 2008 e 2009.

4.5.2 Solos rasos a bem desenvolvidos em rochas areníticas

No substrato arenítico, composto por alto teor de quartzo, o solo resultante é muito quartzoso, com baixo teor de ligantes, como os argilominerais e a matéria orgânica.

Os solos que se desenvolvem sobre rochas areníticas podem ser rasos, quando associados a rochas coesas que ocorrem nos topos e encostas dos cerros, próximos as cornijas e aos blocos de rochas mais resistentes, ou espessos em porções de relevo suave onde ocorre maior alteração da rocha.

4.5.2.1 Solos rasos a bem desenvolvidos em colinas arenosas

Nas colinas arenosas, os solos são, em geral, bem desenvolvidos, arenosos e de cor avermelhada (Figura 23), podendo ser pouco profundos em locais próximos as rochas areníticas mais resistentes, devido à presença de sílica, que confere maior resistência a rocha.



Figura 23: Perfil e paisagem de solos profundos em colinas arenosas.
Fonte: Trabalho de campo, 2008 e 2009.

As características observadas nas colinas arenosas permitem classificar os solos de acordo com Streck *et al.* (2008) em dois tipos: *Latossolos Arenosos* quando bem desenvolvidos e Neossolos nos solos profundos e rasos com teores de argila muito baixo.

O termo *Latossolo* compreende os solos muito profundos e homogêneos, altamente intemperizados, de coloração vermelho-alaranjada e textura arenosa. Por serem solos profundos podem atingir mais de 250 cm de espessura, sendo bem drenados, porosos, e com horizonte B latossólico bem desenvolvido.

A amostra de solo típica deste compartimento foi coletada a 40 cm e a 1,10 metros em um perfil de solo com aproximadamente 2 metros de espessura. O gráfico 9 demonstra os picos de areia fina na amostra coletada, indicando uma concentração superior a 80% de areia na amostra. Por apresentar uma textura uniforme que não permite diferenciar os horizontes no perfil e pela significativa presença da textura areia a amostra representa um caso típico de *Latossolo arenoso*. Com relação à distribuição das classes de textura (gráfico 10) conforme o triângulo textural, a amostra representa a classe franco argilo arenosa para o horizonte A e franco arenosa para o horizonte B (Ver ponto 27 A e 27 B na figura 30).

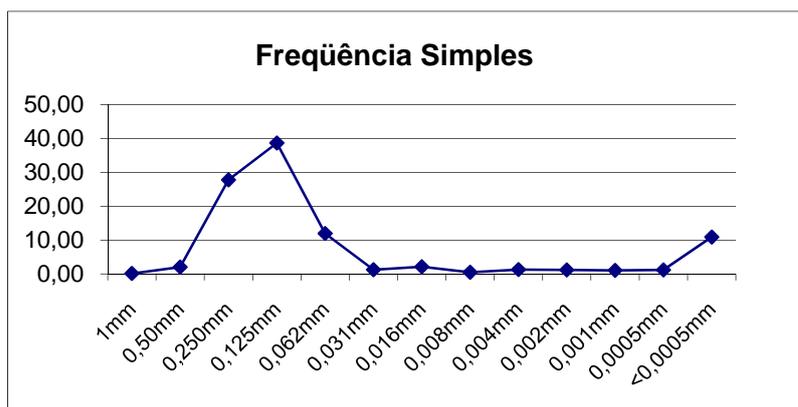
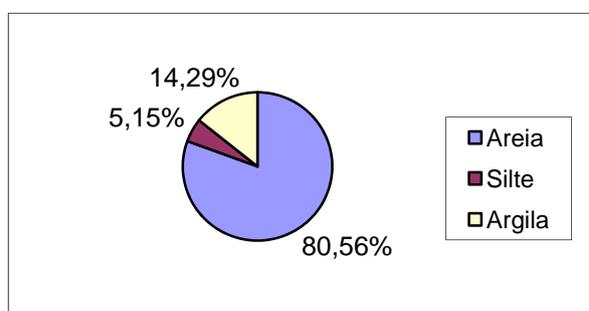


Gráfico 9: Distribuição granulométrica presente na amostra típica de solos arenosos.
Elaboração: De Nardin, 2009.

Horizonte A



Horizonte B

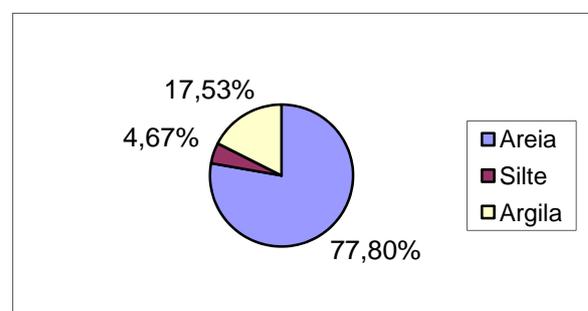


Gráfico 10: Percentual da distribuição das frações granulométricas em solo arenoso.
Elaboração: De Nardin, 2009.

Quando as rochas areníticas apresentam maior resistência aos processos de decomposição, em geral, na meia encosta das colinas, os solos acabam sendo incipientes com afloramento de rochas e formação de perfis rasos de *Neossolos*.

4.5.2.2 Solos rasos nos cerros de arenito

Nos cerros de rochas areníticas, a intensa exposição de rochas na meia encosta ocasiona a formação de depósitos de tálus. Em meio às rochas das encostas e nos topos dos cerros desenvolvem-se solos rasos. Os solos rasos nos cerros são identificados como *Neossolos* e *Cambissolos*.

No perfil (Figura 29) foram identificados com as numerações 6, 7, 8 e 9, os depósitos de tálus e os solos rasos que se desenvolvem nos cerros de arenito.

4.5.2.3 Colinas arenosas com areais

As colinas arenosas com processo de arenização constituem ambientes muito frágeis, altamente suscetíveis a erosão hídrica e eólica, pois apresentam material de alteração muito arenoso, onde a coesão entre as partículas é fraca ou inexistente.

Neste sentido, a arenização que ocorre nas bacias analisadas, representa um processo natural em áreas onde se desenvolvem solos frágeis, identificados no mapeamento de solos do Estado realizado por Streck *et al.* (2008), como *Neossolos Quartzarênicos Órticos típico*. As análises em campo mostram que, por vezes podem ocorrer nas colinas arenosas *Latosolos arenosos*, de textura média, originados em sua maioria, por arenitos da Formação Guará.

As análises desta pesquisa indicam que as áreas com formação de areais não formam solos, mas apresentam um material de alteração das rochas areníticas não consolidado, com elevado teor de areia e uma baixa fertilidade, que atingem rapidamente situações de deficiência hídrica, o que limita o desenvolvimento da cobertura vegetal, favorecendo a adaptação de plantas como o butiá-anão (Figura 24).



Figura 24: Material de alteração dos arenitos fluviais formando os areais em colinas.
Fonte: Trabalho de campo, 2008 e 2009.

4.5.3 Solos rasos a bem desenvolvidos em colinas de rochas vulcânicas

Nas áreas com relevo de colinas, e substrato de rochas vulcânicas, ocorrem significativas variações dos solos. No topo das colinas, os solos são pouco desenvolvidos e associados a afloramentos de blocos, por apresentar porções mais resistentes do derrame, que mantém o relevo mais elevado, e não possibilita o desenvolvimento de solos profundos. Na meia encosta das colinas de rochas vulcânicas, ocorrem, por vezes, solos bem desenvolvidos, relativamente mais coesos pela presença de frações argilosas.

Os perfis de solos encontrados nas colinas formadas em rochas vulcânicas demonstram solos espessos, com textura variando do horizonte mais superficial para o subsuperficial e intensa concentração de nódulos de óxido de ferro e manganês nas proximidades da rocha alterada.

As características condizem com as descrições dos *Argissolos*²¹, que são solos que derivam da presença de um horizonte superficial mais argiloso no perfil, fruto do processo de aluviação que permite a migração da argila para o horizonte B (Figura 25). Os *Argissolos* são solos geralmente profundos a muito profundos, bem drenados, ocorrendo em relevo suave ondulado até fortemente ondulado. Ocorrem na área, em associação às rochas vulcânicas e aos arenitos fluviais e eólicos.

Este solo é bem desenvolvido, ocorrendo na maioria das vezes em profundidade média em torno de 150 cm. São bem drenados, argilosos e de coloração vermelha, com horizonte B textural bem desenvolvido.

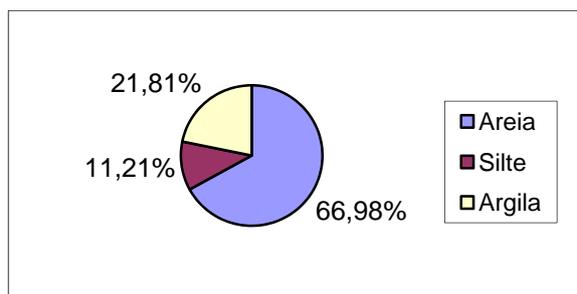


Figura 25: Perfil e paisagem de solos com diferença textural.
Fonte: Trabalho de campo, 2008 e 2009.

Os *Argissolos* apresentam um gradiente textural, e conforme mostra o gráfico 11 o Horizonte A apresenta menor quantidade de argila que o Horizonte B. No triângulo textural o percentual da amostra do Horizonte A representa a classe franco argilo arenosa, e o Horizonte B representa a classe textural argila, confirmando a migração da argila para o horizonte B. A coleta deste solo argiloso, de cor avermelhada, ocorreu em um corte de estrada com espessura próxima a 2 metros, onde a primeira coleta (Horizonte A) foi a 40 cm e a segunda coleta (Horizonte B) foi a 1,20 metros (ver ponto 81 A e 81 B da figura 30). Nota-se que a diferença textural entre o horizonte A e o horizonte B é superior a 15% no teor de areia e argila.

²¹ Definição utilizada por Streck *et al.* (2008) para a identificação dos solos no Rio Grande do Sul.

Horizonte A



Horizonte B

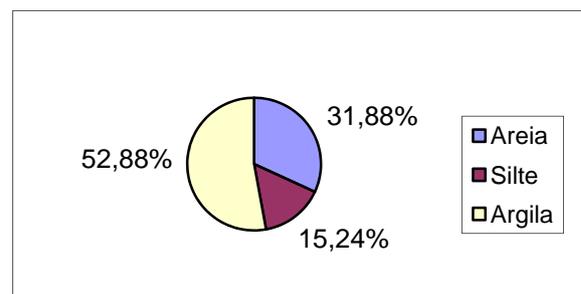


Gráfico 11: Gradiente textural entre Horizonte A e Horizonte B em *Argissolo*.
Elaboração: De Nardin, 2009.

O contato das litologias também representa grande controle no desenvolvimento dos solos no relevo de colinas. Nas porções rebaixadas, ocorrem os contatos das rochas vulcânicas com os arenitos eólicos, o que possibilita a ocorrência de solos arenosos e com horizontes mais espessos, devido à contribuição dos arenitos. Estes solos podem ser solos argilosos, com diferença entre os horizontes, e *Latosolos arenosos*.

Na fotografia 1 (Figura 26) a linha pontilhada marca o contato da rocha vulcânica acima, com o arenito eólico, na porção inferior, formando um perfil de solo próximo a rocha alterada. Já nas fotos 2 e 3 os perfis são mais desenvolvidos resultado da maior alteração das rochas vulcânicas. A foto 4 apresenta outra condição típica da área, onde afloram blocos de arenito Botucatu intertrápico no topo da colina, acima da zona amigdalóide do derrame vulcânico, que condiciona o desenvolvimento de solos espessos e com grande quantidade de vesículas.



Figura 26: Perfil e paisagem característicos do contato de diferentes litologias.
Fonte: Trabalho de campo, 2008 e 2009.

Neste compartimento, a formação dos solos associa-se com as zonas dos derrames nas quais estão assentados as diferentes espessuras e tipos de solos. Nas porções mais fraturadas dos derrames vulcânicos, o solo pode ser mais bem desenvolvido devido ao intemperismo.

Na zona de topo do derrame indicada por uma porção amigdalóide e vesicular, ocorre maior alteração e por consequência o desenvolvimento de solos com perfis de maior espessura. Estas porções podem formar os chamados *Argissolos* ou *Latossolos argilosos* (Figura 27).



Figura 27: Perfil de solo característico do topo de derrame.
Fonte: Trabalho de campo, 2008 e 2009.

Os *Latossolos* são os solos mais comuns presente na área de estudo, ocorrendo sobre os substratos vulcânicos e areníticos, sendo claramente diferenciados pela composição mineralógica e textural, da areia e argila. No caso apresentado (gráfico 12), o perfil avaliado apresenta um solo bem desenvolvido (2,5 m) de cor avermelhada, em uma topografia levemente ondulada, com o uso de pecuária. A primeira coleta ocorreu a 40 cm e apresentou classe textural argila e a segunda coleta ocorreu a 1,10 metros do perfil e conforme análise granulométrica apresenta classe textural muito argilosa. As coletas não apresentaram diferenças significativas de cor e textura entre os horizontes, permitindo definir a amostra como sendo um *Latossolo argiloso* (ver coleta ponto 96 A e ponto 96 B da figura 30).

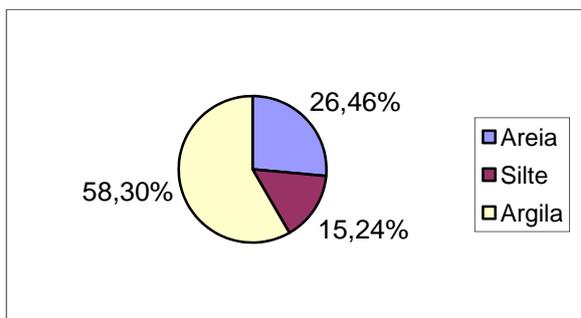
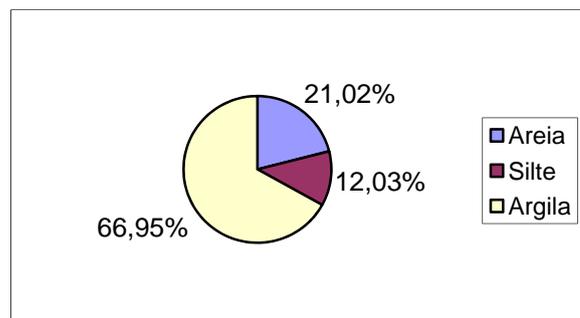
Horizonte A**Horizonte B**

Gráfico 12: Percentual de frações granulométricas presentes em solo argiloso.
Elaboração: De Nardin, 2009.

4.5.3.1 Solos rasos em Morros testemunhos

Nos morros testemunhos de rochas vulcânicas ocorrem solos rasos no topo. Nas encostas os solos pouco profundos se misturam as rochas e na base, em geral ocorrem os contatos das rochas vulcânicas com os arenitos, o que condiciona o desenvolvimento de solos mais desenvolvidos, com contribuição dos arenitos.

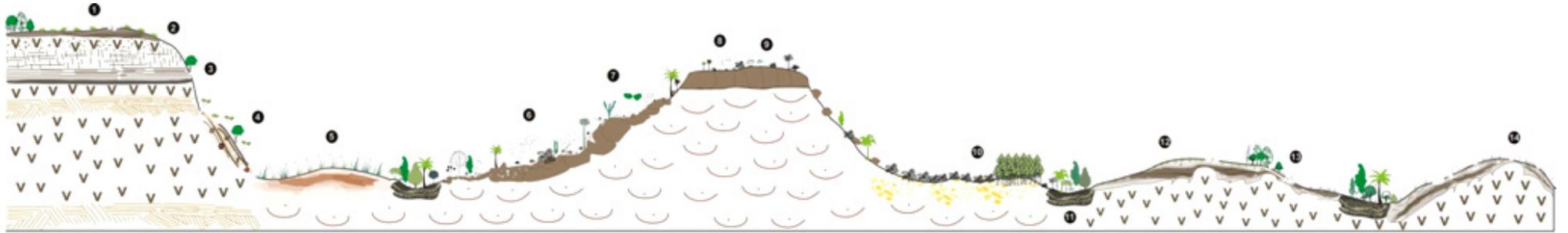
4.5.4 Solos hidromórficos

Solos hidromórficos ocorrem, principalmente, próximos a foz dos arroios e, junto à planície de inundação do Rio Ibicuí.

Os solos hidromórficos destas porções são de coloração cinzenta, e apresentam o horizonte A com textura franco argilo arenosa, passando por uma mudança brusca para um horizonte Bt argiloso, conforme identificado na coleta do ponto 55 (Figura 30). Encontrados em áreas de várzea com deficiência de drenagem, e relevo plano a suavemente ondulado (Figura 28), estes solos acabam sendo imperfeitamente ou mal drenados.



Figura 28: Perfil e paisagem característicos de solos hidromórficos.
Fonte: Trabalho de campo, 2008 e 2009.



Croqui representativo sem escala vertical e horizontal
 Desenho técnico: Geógrafa Dionara De Nardin



Legenda

- Sedimentos quaternários
- Formação Serra Geral
- Formação Botucatu
- Formação Guarani
- Solos hidromórficos
- Solos arenosos
- Solos argilosos
- Solos rasos
- Solos em areas com butiá-anão
- Depósito de colúvio
- Depósito de tálus

Figura 29: Croqui esquemático da associação de solos e litologias presente nas bacias hidrográficas.

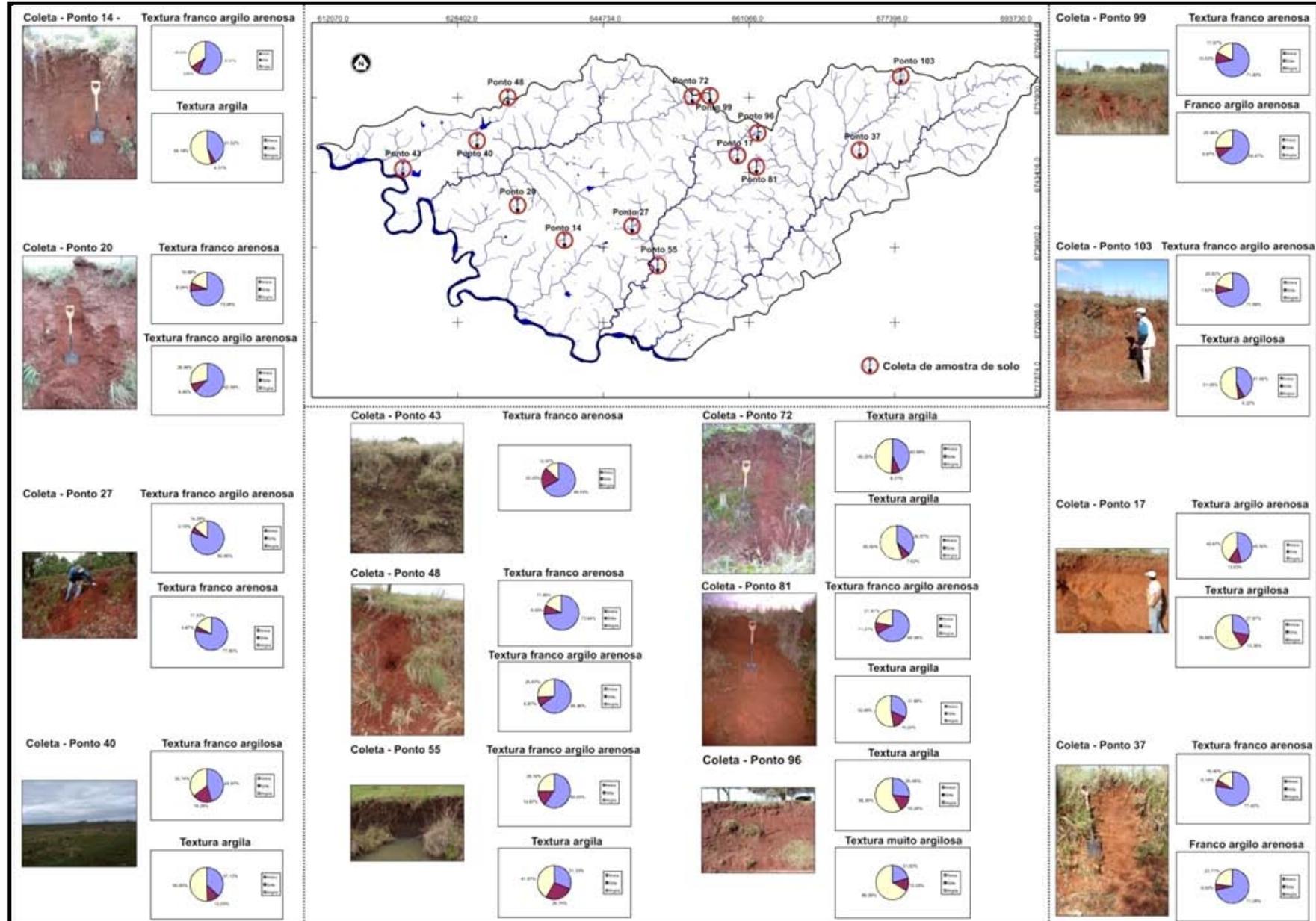


Figura 30: Localização das coletas de solo com o resultado das análises de textura.

5. AS MARCAS NA PAISAGEM

*“Há, todavia, de um agente geológico notável – o Homem.
Este, de fato, não raro reage brutalmente
sobre a terra e entre nós, nomeadamente,
assumiu, em todo o decorrer da história,
o papel de um terrível fazedor de desertos.(...)”
Euclides da Cunha - Os sertões*

5.1 Feições Superficiais: Marcas deixadas na paisagem

As paisagens possuem marcas naturais ou influenciadas pelas intervenções humanas, que apresentam maior ou menor fragilidade em função de suas características genéticas. As feições superficiais identificadas na área de estudo compreendem a feições naturais e feições antrópicas.

As feições observadas representam tanto as formas de erosão como de deposição, constituídas pelos areais, ravinas e voçorocas, afloramentos de rochas e os depósitos de tálus e colúvio, além de barragens, identificadas como feições antrópicas. Constatou-se que as feições superficiais existentes na área de estudo possuem estreita relação com os elementos físicos como o substrato litológico, os solos, o relevo e o clima.

Com a realização de trabalhos de campo e a utilização de imagem de satélite, foi possível estabelecer a distribuição espacial das feições superficiais. O mapa representado na figura 31 demonstra as feições superficiais mais representativas presente na área de estudo.

5.1.1 Os campos de Areia: Ocorrência, origem e evolução

A fragilidade ambiental da área de estudo é fruto de uma série de condições, anteriores as alterações antrópicas, e que são condizentes com mudanças climáticas, e solos gerados sobre rochas areníticas friáveis. As rochas, onde os areais e voçorocas se desenvolvem, são definidas por arenitos com textura areia fina e média, predominantemente com grânulos de sílica esparsos. Formam estratos cruzados de baixo ângulo, sendo classificados como de ambiente fluvial.

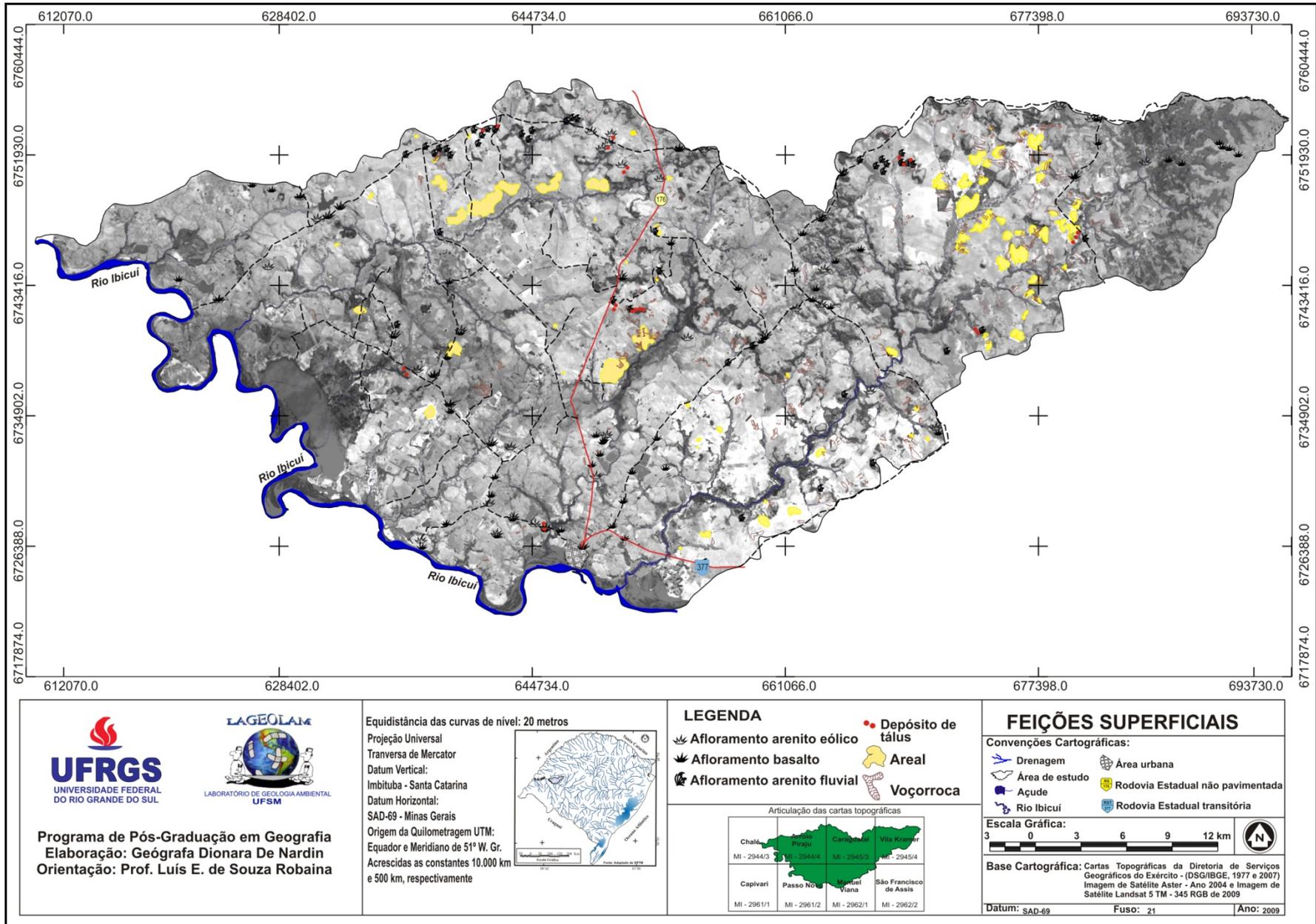


Figura 31: Feições Superficiais presentes nas bacias hidrográficas de estudo.

Quando a cimentação de óxido de ferro preenche os espaços dos poros, confere maior resistência aos arenitos fluviais. Além disso, junto às linhas de falhas estes arenitos aparecem silicificados, o que os torna mais resistentes aos processos de dinâmica superficial. Nestas condições ocorrem sobre a forma de afloramentos de blocos à meia encosta, formando cornijas e morrotes. A cimentação destes blocos de arenitos consiste em uma carapaça de óxido de ferro ou manganês, bastante delgada.

À medida que esta camada protetora é rompida, a rocha perde a coesão e o substrato torna-se muito friável sendo facilmente desagregado pela ação hídrica, tornando-se muito susceptível aos processos de arenização. As paisagens com areais e voçorocas, caracterizam-se, sobretudo, pelo elevado nível de fragilidade e limitações, resultantes da ação hidrodinâmica das chuvas, em solos com baixa cobertura vegetal, arenoso e friável.

Ressalta-se que quanto à gênese, a maioria dos areais da área de estudo se forma em condições específicas, onde os processos erosivos desagregam e depositam a areia proveniente das rochas areníticas (Figura 32), formando os depósitos arenosos não consolidados.

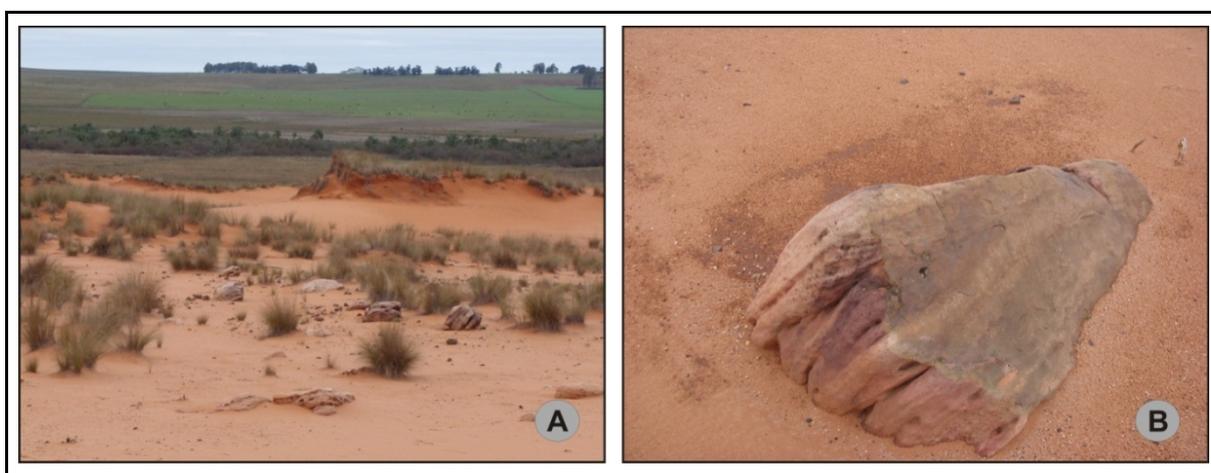


Figura 32: Areal formado a partir da desagregação da rocha arenítica.
Fonte: Trabalho de campo julho de 2008.

A evolução do processo de arenização associa-se com a dinâmica dos ventos, que predominam na região com direção sudeste, no inverno, e de nordeste na primavera, juntamente com a erosão hídrica, que espalham as areias ampliando os processos de arenização. É indiscutível também, que o uso intensivo dos solos fragilizados da área esteja contribuindo para a evolução dos processos erosivos.

Em alguns casos de manchas arenosas de menor extensão, presentes na área, o processo se dá em uma topografia favorável ao desenvolvimento de ravinas e voçorocas que ao se ampliarem por processos erosivos de forma lateral e regressiva conduzem a formação de depósitos de areia a jusante (Figura 33).



Figura 33: Exemplo de caso específico de formação de areal.

(A) Voçoroca em areal com plantação de *pinus* no Arroio Piraju. (B) Voçoroca próxima a areal. (C) Areal no topo da colina. (D) Depósito de areia em forma de leque.

Fonte: Fotografias retiradas em trabalho de campo - julho de 2008.

De modo geral, os areais da área de estudo ocorrem em relevo de colinas, por vezes próximos aos morrotes isolados, em altitudes predominantes entre 120 e 200 metros. Encontram-se ainda desprovidos ou com escassa cobertura vegetal (Figura 34). Nas áreas de maior inclinação, associados ao início do rebordo, os processos erosivos e de movimento de massa são significativos, mas não formam feições tipo voçorocas e areais.

Com relação à ocorrência na topografia, foram constatados que os areais ocorrem em duas condições típicas: nas baixas vertentes próximas aos cursos d'água, formando depósitos tipo vertente-terraço muito arenoso; e em colinas

adjacentes a encostas de morrotes e a degraus com afloramento de rocha na meia encosta.

Estas diferentes formas de localização refletem a formação desses areais, que na maioria dos casos, está associada à desagregação de camadas relativamente resistentes dos morrotes, e afloramento de rochas que desagregam e formam depósitos na base das encostas.

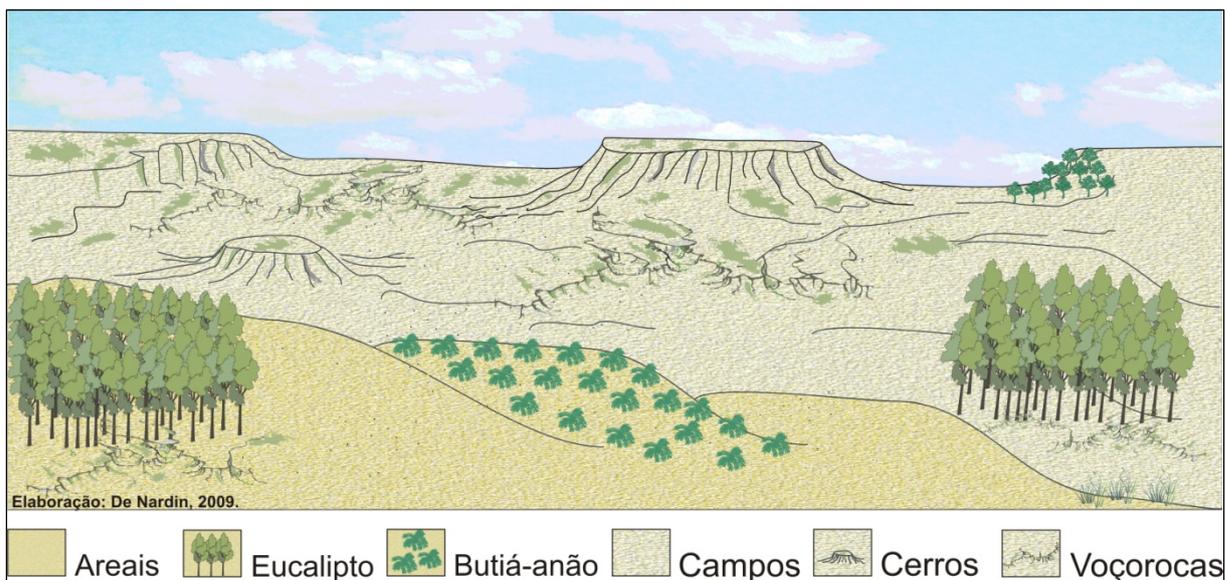


Figura 34: Imagem ilustrativa da ocorrência de areais em colinas na área de estudo, que estão associados a uma paisagem com campos, butiá-anão, eucaliptos, cerros e processos de voçorocamento.

5.1.2 Arenização: Casos representativos na área de estudo

O processo de arenização predomina no médio curso do Arroio Miracatu, do Arroio Caraguataí e do Arroio Piraju em uma área em torno de 1.700 ha.

Na bacia hidrográfica do Arroio Miracatu, o areal de maior extensão e representatividade encontra-se próximo a rede de drenagem Sanga da Areia e apresenta uma área de 60 ha (Figura 35a). A área onde se localiza o areal apresenta declividade predominante entre 2-5%, em uma vertente de comprimento longo (2.500 metros) com forma côncava e altitudes variando de 150 a 180 metros. Por ser a microbacia mais afetada por areais e voçorocas, a Sanga da Areia tem sido considerada a área de maior fragilidade do município de São Francisco de Assis.

Na bacia hidrográfica do Arroio Caraguataí, o areal de maior proporção encontra-se próximo ao médio curso da drenagem principal e ocupa uma área com aproximadamente 170 ha (Figura 35b). O segmento de vertente no qual se encontra

o areal apresenta um perfil convexo-côncavo de comprimento alongado, situado entre 120 e 140 metros de altitude. A declividade varia entre menor que 2% e de 2-5%, chegando a apresentar uma porção íngreme superior a 15% de declividade na porção nordeste do areal. No interior do areal foram encontradas porções com afloramento de rochas de arenito fluvial, além de significativa concentração de manganês e ferro, tanto em espessura quanto em área, formada por depósitos em forma de lajes horizontais e blocos arredondados de forma botroidal (gotejamento) (Figura 35c).

Na bacia hidrográfica do Arroio Piraju encontra-se o areal de maior extensão da área de estudo, apresentando 210 ha (Figura 35d), localizados próximo a drenagem principal do Piraju em declividades predominantes entre 2-5% e localizados em altitudes entre 120 e 140 m.

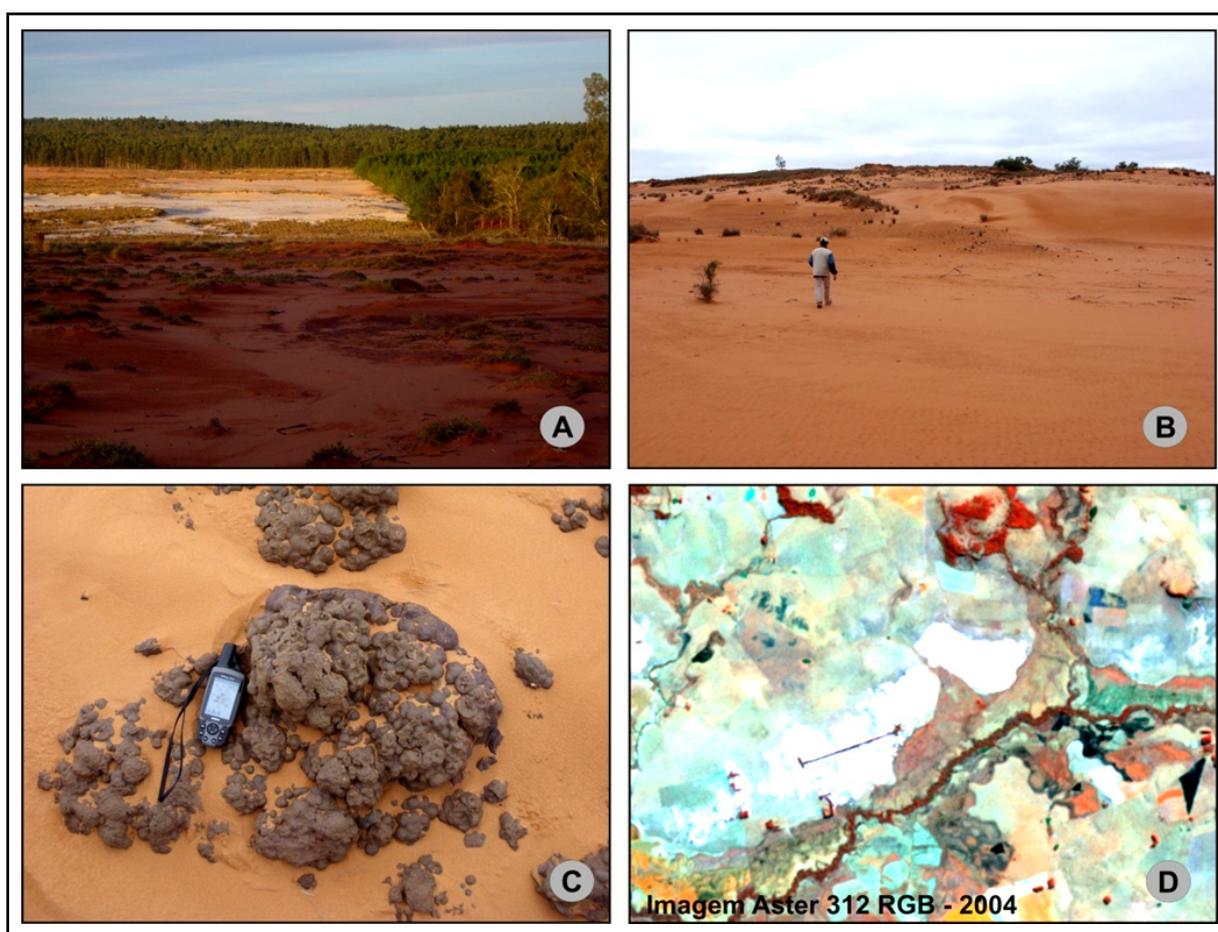


Figura 35: Casos representativos de areais na área de pesquisa. (A) Areal localizado na Bacia Hidrográfica do Arroio Miracatu com plantação de eucalipto e *pinus*. (B) Areal de grande extensão no Arroio Caraguataí. (C) Deposição de ferro e manganês no interior do areal do Caraguataí. (D) Imagem de satélite identificando areal do Piraju. Fotografias retiradas em trabalho de campo – 2007 e 2008.

5.1.3 Ravinas e voçorocas: Ocorrência, origem e evolução

As ravinas e voçorocas ocorrem, preferencialmente, conectadas aos canais de primeira ordem das bacias. O processo erosivo inicia por ravinas, que evoluem para voçorocas e formam os estágios iniciais da evolução da rede de drenagem.

A voçoroca corresponde a um estágio mais avançado e complexo de erosão, onde atuam erosão superficial e subterrânea, além de diversos fenômenos de movimento de massas como solapamentos, desabamentos e escorregamentos que se conjugam, aumentando o poder destrutivo desta forma de erosão.

Nas cabeceiras de drenagem, a erosão linear forma ravinas pouco profundas, mas com largura considerável, que quando associadas à erosão laminar nas bases das encostas possibilitam a formação de alguns depósitos de areia. As voçorocas que se originam nas drenagens de primeira ordem, ocasionam profundas alterações nas vertentes. Por esse motivo, as voçorocas são feições erosivas em que estão associadas às encostas e às cabeceiras de drenagem (Figura 36a).

Uma vez estabelecidas na encosta, às voçorocas tendem a evoluir através de bifurcações, formando pontos de rupturas. Esses pontos de ruptura podem ser destruídos à medida que a rede de ravina se bifurca e evolui.

A erosão subterrânea, muito comum na área de estudo, fruto da intensa fragilidade do material, forma degraus no relevo, que através do escoamento concentrado evolui e forma as ravinas. Essas formas denudacionais foram definidas como degrau de abatimento por Uagoda (2004).

A água subterrânea tem um papel fundamental no desenvolvimento do processo erosivo por voçorocas. Nas porções de afloramento do lençol freático, ocorre liquefação dos materiais arenosos pouco coesos, que compõe os solos e os substratos com fácies de arenitos homogêneos, produzindo liquefação do material das paredes, gerando alcovas de regressão e posteriormente tombamentos.

Desenvolvem-se também próximas aos morrotes, devido à diferença de coesão entre as camadas mais resistentes e o contato com o substrato de base, mais friável. Neste caso, as voçorocas se alojam abaixo das concreções de ferro que dão resistência aos morrotes as cornijas e demonstram uma paisagem comum na área (Figura 36b).

As áreas de maior inclinação junto aos morrotes e degraus de rochas nas encostas favorecem um acelerado escoamento superficial quando ocorre uma forte erosão hídrica e também, quando a capa, que mantém os arenitos coesos romper,

fazendo com que as areias sejam facilmente carregadas para as porções mais baixas e para as drenagens, soterrando canais e diminuindo o fluxo de água.

A existência de descontinuidades, associadas à diferença de coesão entre as partículas, determina a profundidade inicial das ravinas. Observa-se, que existe associação da profundidade com a ocorrência de contatos de camadas com granulometrias diferentes, ou pelo contato com camadas de concreções de ferro.

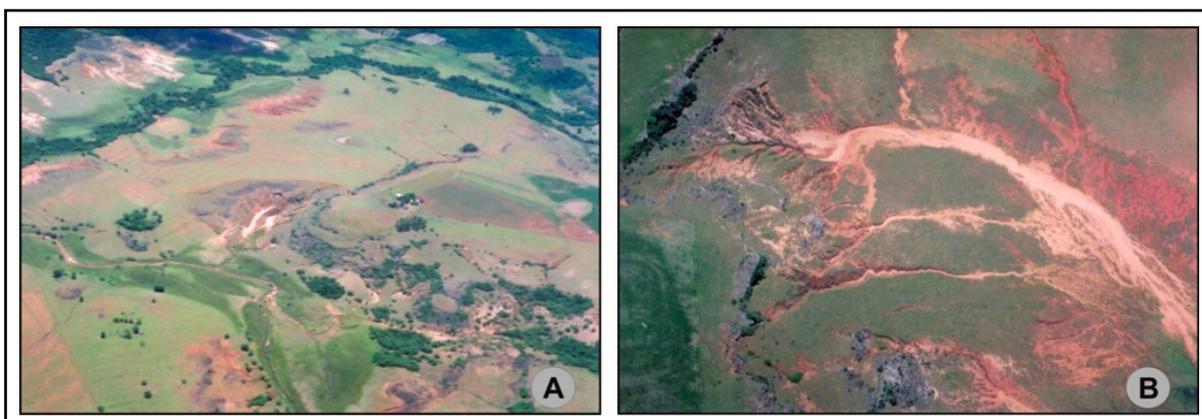


Figura 36: Fotografias registrando a forma de ocorrência das ravinas e voçorocas. (A) Voçoroca estabelecida em cabeceiras de drenagem desprovidas de vegetação. (B) Voçoroca estabelecida nas cornijas, nos pontos de ruptura entre as camadas.

Fonte: Fotos aéreas - Lageolam, 2004.

5.1.4 Depósitos de tálus e colúvio

Outras feições superficiais identificadas são os depósitos de tálus e colúvio.

Os depósitos de tálus estão associados aos morrotes e cornijas de arenitos e são constituídos por fragmentos rochosos situadas em porções próximas das escarpas com maiores declives. No mapa foram identificadas as porções com depósitos de tálus mais significativos.

O colúvio corresponde ao material depositado na base das encostas que constituem as escarpas do rebordo e morrotes, especialmente associados às rochas vulcânicas gerando elevações na base da encosta. Os depósitos de colúvio são constituídos por um material areno-argiloso com blocos de rocha imersos na matriz do solo. Esses depósitos apresentam uma significativa heterogeneidade com relação ao comportamento frente aos processos superficiais.

“Nada existe de tão concreto na natureza como o conjunto heterogêneo das formas que compõem a superfície da terra a que se denomina relevo” (ROSS, 2003).

6. GEOMORFOLOGIA

Neste capítulo são abordadas as características geomorfológicas presente na área de estudo, constituindo no presente estudo, o produto integrador das formas e dos processos naturais e antrópicos que atuaram, e que ainda atuam sobre os componentes do meio físico.

Dentro desta temática, entende-se que a relação das formas e dos processos na geomorfologia da área de estudo decorre principalmente, no estudo dos aspectos ligados a dinâmica superficial, através dos problemas de erosão nos perfis de vertentes, causados na sua maioria, pelo escoamento superficial e de sub-superfície da água e também pela erosão eólica.

6.1 Compartimentação geomorfológica

A compartimentação geomorfológica da área de estudo engloba as características morfométricas e morfológicas e os processos morfodinâmicos e morfogenéticos do relevo. Para chegar a esta caracterização do relevo, se faz necessário estabelecer relações entre os vários elementos do meio físico que vão compor a análise geomorfológica, e serão incorporados através da representação de seis escalas de hierarquia.

Os dois primeiros níveis de classificação geomorfológica foram trabalhados em escala 1:250.000 e o terceiro nível em escala de levantamento 1:100.000, em trabalho de identificação geomorfológica na Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí²². A partir do quarto nível de análise, foi utilizado o recorte de estudo, na escala 1:50.000 (Figura 37), através da identificação dos padrões de formas semelhantes (4º nível), dos padrões de tipos e setores de vertentes (5º nível) e das formas menores, resultantes dos processos erosivos atuais ou dos depósitos atuais (6º nível), conforme mostra os quadros 5 e 6.

²² Trabalho desenvolvido no Laboratório de Geologia Ambiental por Robaina, Trentin, Bazzan, Reckziegel e De Nardin (2008).

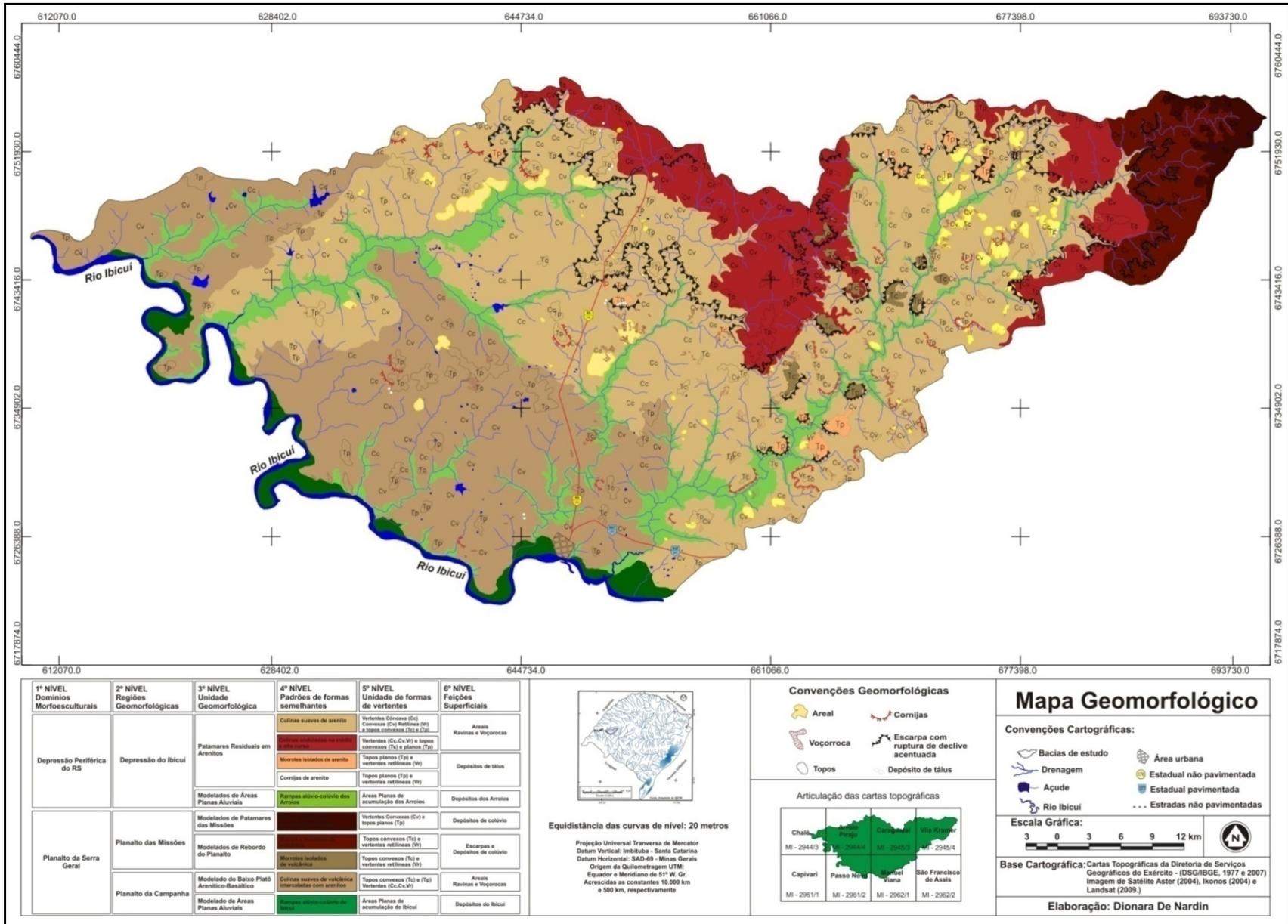


Figura 37: Mapa geomorfológico da área de estudo.

1º NÍVEL Domínios Morfoesculturais	2º NÍVEL Regiões Geomorfológicas	3º NÍVEL Unidade Geomorfológica	4º NÍVEL Padrões de formas semelhantes	5º NÍVEL Padrão de Vertentes e topos	6º NÍVEL Feições Superficiais
Depressão Periférica do RS	Depressão do Ibicuí	Patamares Residuais em Arenitos	Colinas suaves de arenito	Vertentes Côncava (Cc) Convexas (Cv) Retilíneas (Vr) Topos planos (Tp) Topos convexos (Tc)	Areaais Ravinas Voçorocas
			Colinas onduladas no médio e alto curso	Vertentes (Cc, Cv e Vr) Topos planos (Tp) Topos convexos (Tc)	
			Cornijas de arenito	Topos planos (Tp) Vertentes Retilíneas (Vr)	Depósito de tálus
			Morrotes isolados de arenito	Topos planos (Tp) Vertentes Retilíneas (Vr)	
		Modelados de Áreas Planas Aluviais	Rampas alúvio- colúvio dos Arroios	Áreas planas de acumulação	Depósitos dos Arroios (<i>continua</i>)

Quadro 5: Distribuição dos níveis da compartimentação geomorfológica na área de estudo.

6.1.1 Compartimentação Geomorfológica da Depressão Periférica do RS

- **Depressão Periférica do RS**

Esta unidade forma uma faixa E-W no estado e representa uma área deprimida formada pelo contato entre os terrenos de rochas sedimentares e as rochas cristalinas mais coesas. As altitudes são inferiores a 200 metros com substrato formado por uma sequência de coberturas sedimentares da Bacia do Paraná de origem Mesozóica, por vezes, recobertos pelos depósitos recentes Quaternários.

- **Depressão do Ibicuí**

A Depressão do Ibicuí representa o segundo nível de compartimentação e constitui a porção oeste da Depressão Periférica do RS, com processos geomorfológicos controlados pela drenagem do Rio Ibicuí e seus afluentes, atuando sobre um substrato de rochas sedimentares de diferentes tipos, com predomínio de arenitos.

O **terceiro nível** de compartimentação está representado pelos Modelado de Patamares Residuais em Arenitos e os Modelados de Áreas Planas Aluviais.

- **Modelado de Patamares Residuais em Arenitos**

Este compartimento está localizado à oeste da Depressão do Ibicuí, em locais onde as altitudes variam entre 120 e 200 metros. É constituído por formas de relevo do tipo colinas associadas à morrotes isolados de arenitos e cornijas. As colinas formam um relevo ondulado, com inclinações inferiores a 15%, associadas à morrotes com inclinações das vertentes superiores a 30%.

Nesta unidade dominam as amplas e alongadas formas de colinas com topos convexos, regionalmente, conhecidas como coxilhas onde os processos erosivos são significativos.

- **Modelados de Áreas Planas Aluviais**

Este compartimento da Depressão do Ibicuí está associado a altitudes entre 80 e 200 metros. É formado por um relevo de agradação caracterizado por depósitos sedimentares de canal e planície de inundação. A baixa declividade desta unidade forma áreas planas sujeitas a inundações periódicas favorecendo os processos de acumulação e deposição de sedimentos. Os solos são predominantemente do tipo planossolos arenosos.

O **quarto nível** é constituído por cinco modelados, identificados pelo padrão de características semelhantes em colinas suaves de arenito, colinas onduladas no médio e alto curso, morrotes isolados de arenito, cornijas de arenito e rampas alúvio-colúvio dos arroios, que são descritos a seguir:

- **Colinas suaves de arenito**

Este compartimento representa a unidade mais significativa da bacia, com 437,02 km², formada por um relevo de colinas suaves, onde predominam inclinações inferiores a 15%, e amplitudes médias em torno de 10 metros, por vezes, ocorrem porções mais onduladas e inclinações que podem chegar a 15%. As altitudes variam entre 120 a 200 metros, podendo chegar a 300 metros no alto curso das bacias. O substrato rochoso predominante nessas áreas são arenitos de origem fluvial.

Quando friáveis tais arenitos são facilmente intemperizados, o que permite configurar um modelado de paisagens suaves, típica deste compartimento de colinas suaves, com vertentes convexas, arredondadas e de média altitude. Os solos, predominantes, sobre as colinas são bem desenvolvidos e arenosos

apresentando perfil de alteração homogêneo. Estes solos, classificados como latossolos e neossolos arenosos, são os mais característicos da área.

- **Colinas onduladas no médio e alto curso**

As colinas onduladas foram associadas aos modelados residuais de arenito por representarem porções de relevo que resistiram aos processos erosivos e se mantiveram na topografia das colinas suaves. O substrato predominante é de rochas vulcânicas com associação de arenito intertrápico.

Esta unidade totaliza 165,70 km², onde predominam colinas de topos convexos, ocorrendo formas de morrotes associados (Figura 38). Nestes locais, a drenagem apresenta-se com maior densidade relacionada às rochas vulcânicas que são mais impermeáveis. Estas colinas aparecem em áreas de até 300 metros de altitude com declividades entre 5 e 15 %. Nestas áreas desenvolvem-se solos novos com pouca alteração, conhecidos como Neossolos litólicos.



Figura 38: Fotografias mostrando as colinas associadas com morrotes.
Fonte: Trabalho de campo, 2008 e 2009.

- **Cornijas de arenito**

É comum a ocorrência de porções resistentes na meia-encosta das colinas, constituindo cornijas de rocha exposta e topos planos. As cornijas apresentam tamanhos variados e são formadas por afloramentos em forma de blocos de rochas areníticas de origem eólica e fluvial que resistiram na topografia, devido, a concentração de ligantes como sílica e óxidos de ferro que dão coesão as rochas e oferecem maior resistência as camadas. As fotografias apresentadas a seguir, demonstram o desenvolvimento de cornijas em substrato de arenitos eólicos (Figura 39), formando feições que se sobressaem na topografia, e cornijas de arenitos fluviais (Figura 40), formando um arco de rochas.



Figura 39: Exemplo de cornijas em arenito eólico formando degraus de topos planos.

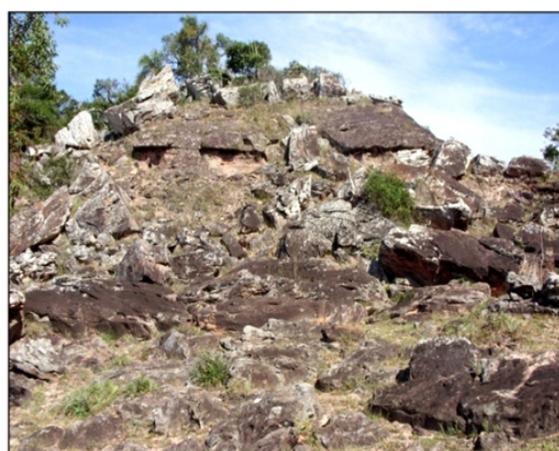


Figura 40: Cornijas em arenito fluvial com depósito de tálus.
Fonte: Trabalho de campo, 2008 e 2009.

- **Morrotes isolados de arenito**

As formas residuais, identificadas como morrotes de arenito, ocorrem devido à maior resistência dada aos processos erosivos, pela ocorrência de arenitos com camadas cimentadas por óxido de ferro e por sílica. Quando silicificados, os arenitos fluviais mantêm uma topografia acidentada, com cotas elevadas, constituindo verdadeiras feições residuais dissecadas, regionalmente denominados de cerros (Figura 41).

Esta unidade compreende uma área de 8,79 km², onde predominam declividades superiores a 15 %. No alto curso das bacias hidrográficas, os morrotes isolados apresentam altitudes superiores a 200 metros, no baixo curso estes morrotes de arenito não ultrapassam os 180 metros.



Figura 41: Fotografias destacando morrotes (cerros) isolados de arenito.
Fonte: Trabalho de campo, 2008 e 2009.

- **Rampas alúvio-colúvio dos Arroios**

Esta unidade compreende 146,59 km², onde o relevo apresenta uma topografia plana, com o predomínio de rampas e declividades menores de 5%. As altitudes predominantes são de 120 metros, atingindo 200 metros no alto curso. Esta unidade é composta por depósitos recentes formados por fragmentos originados de rochas vulcânicas e sedimentares, que através dos processos de dinâmica superficial acumularam-se nas áreas de fundo de vale, formando as planícies de acumulação dos arroios. Os solos são hidromórficos com baixa capacidade de drenagem.

O **quinto nível** é definido pelos padrões de vertentes e topos que ocorre em cada modelado.

- **Padrão de vertentes e topos nas colinas de arenito**

O relevo inscrito nas colinas suaves de arenito das bacias hidrográficas analisadas apresenta um predomínio de segmentos de vertente convexos, com baixa declividade. Porém, o que se vê nestas colinas é que o perfil das vertentes costuma combinar várias formas geométricas, entre os divisores de águas e o fundo dos vales. Nas baixas vertentes próximos aos canais fluviais ocorre uma ruptura de declive tornando o perfil côncavo (Figura 42), com ocorrência de hidromorfismo.

Os topos das colinas, nas vertentes alongadas, costumam ser convexos, e os interflúvios apresentam forma de topo plano.

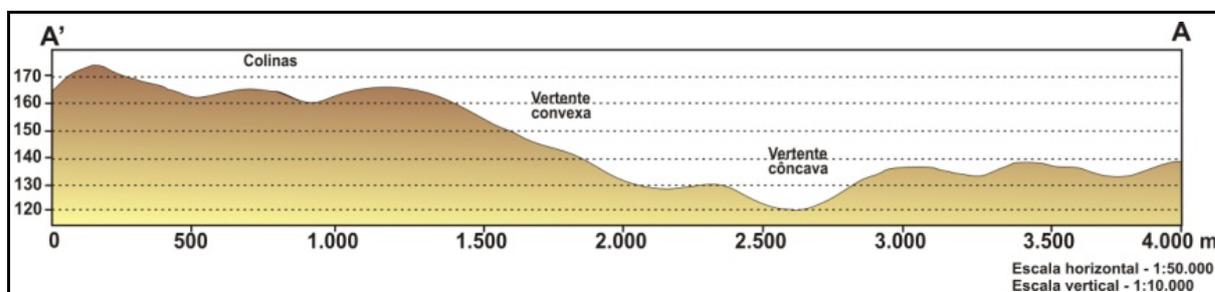
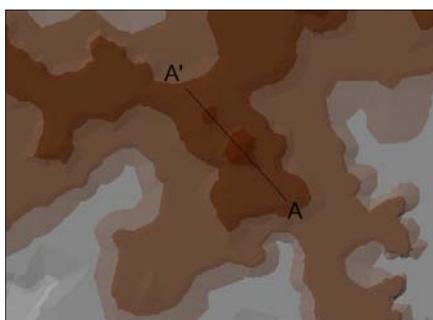


Figura 42: Perfil representativo da geomorfologia colinosa e dos segmentos de vertente côncavo-convexo presente na bacia hidrográfica do Arroio Caraguataí.

Elaboração: De Nardin, 2009.

- **Padrão de vertentes nas colinas onduladas do médio e alto curso**

Nas colinas onduladas do médio e alto curso, as vertentes predominantes são convexas, ocorrendo vertentes côncavas e retilíneas associadas. A ocorrência de segmentos de vertentes do tipo côncavo ocorre associada às porções de fundo de vale, e as vertentes retilíneas associam-se as áreas de maiores inclinações, junto às escarpas e aos morrotes testemunhos. Os topos se distribuem em convexos e planos.

- **Padrão de vertentes e topos nas cornijas e morrotes de arenito**

As formas de relevo de cornijas e morrotes aparecem na topografia de colinas de arenitos friáveis, devido à resistência que se estabelece a partir de camadas sub-horizontais, que geram morrotes de topo plano e convexo com vertentes íngremes (Figura 43) e cornijas de topo plano.

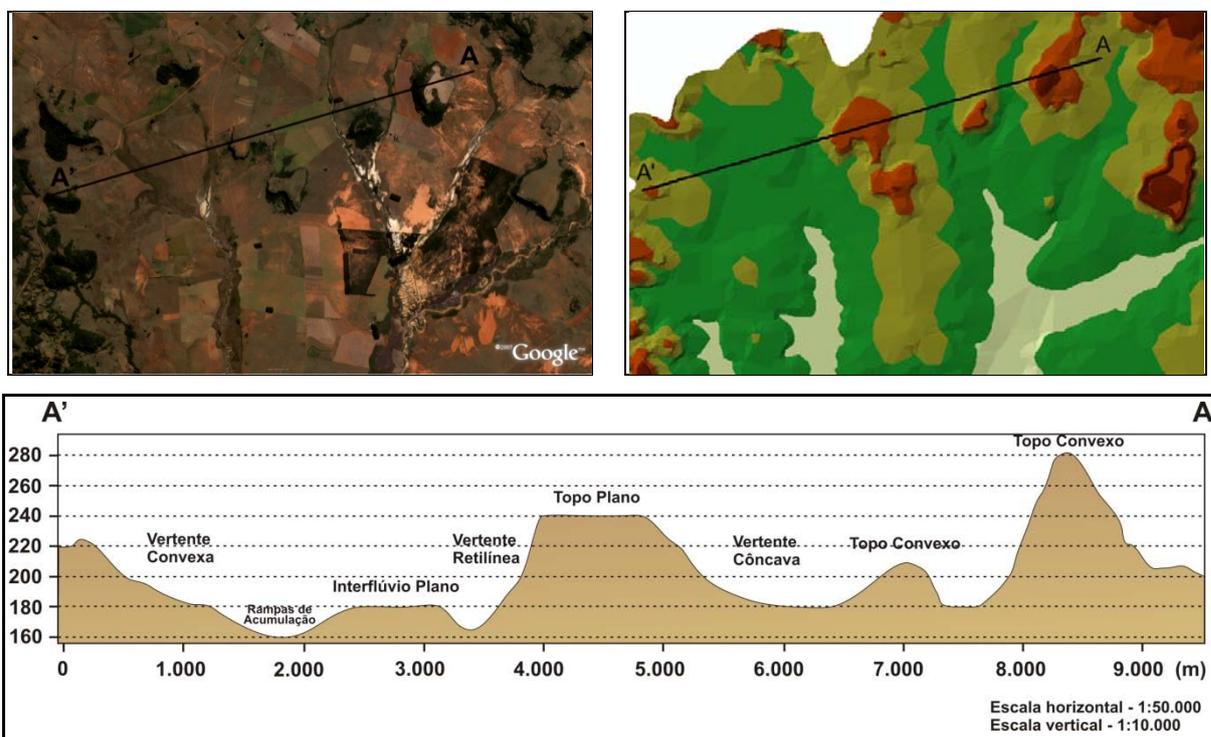


Figura 43: Perfil topográfico identificado na imagem de satélite Ikonos e no mapa altimétrico, demonstrando os topos dos cerros e as vertentes localizadas na porção noroeste da Bacia Hidrográfica do Arroio Miracatu.

Elaboração: De Nardin, 2009.

- **Padrão de vertentes nas rampas alúvio-colúvio**

As rampas alúvio-colúvio são formadas pelas áreas planas dos vales, identificadas pelas áreas de acumulação dos arroios Miracatu, Caraguataí, Pirajú, Restinga do Salso e Lajeado Cunha. Por apresentarem, em sua maioria, margens planas, estes arroios apresentam várzeas sujeitas a inundações.

O **sexto nível** é caracterizado pelas feições superficiais que ocorrem na área de estudo.

- **Feições Superficiais das colinas suaves de arenito**

Associam a áreas de colinas suaves de arenito friável e solo arenoso (Figura 44b), processos de dinâmica superficial de erosão avançada, que proporcionam a geração de areais (Figura 44c), ravinas e voçorocas (Figura 44a), conforme identificado no mapa geomorfológico.



Figura 44: Fotografias (A e B) exibindo a ocorrência de colinas areníticas na paisagem de estudo. Colinas com processo de voçorocamento e arenização, ao fundo morrotes de arenito com topo plano e topo convexo, inseridos dentro da unidade de colinas.

Fonte: Trabalho de campo, 2007 e 2008.

- **Feições Superficiais das colinas onduladas**

As feições superficiais encontradas nas colinas onduladas ocorrem de forma bem dispersa, desenvolvendo ravinas e voçorocas e areais de pequena extensão, nas porções de arenito aflorante, e depósitos de colúvio na base das colinas e escarpas.

- **Feições Superficiais dos morrotes e cornijas**

Próximo as vertentes dos morrotes isolados e das cornijas, comumente ocorrem, depósitos de tálus e o desenvolvimento de vegetação na vertente menos ensolarada. Na base de muitos morrotes e cornijas, observa-se que os processos

erosivos são mais acentuados, o que culmina com o desencadeamento de feições erosivas e acumulativas.

- **Feições Superficiais das rampas alúvio-colúvio**

Estes modelados de baixas declividades, que correspondem às rampas de alúvio-colúvio dos arroios, são constituídos por formações superficiais compostas por sedimentos quaternários (Figura 45) com variação textural.

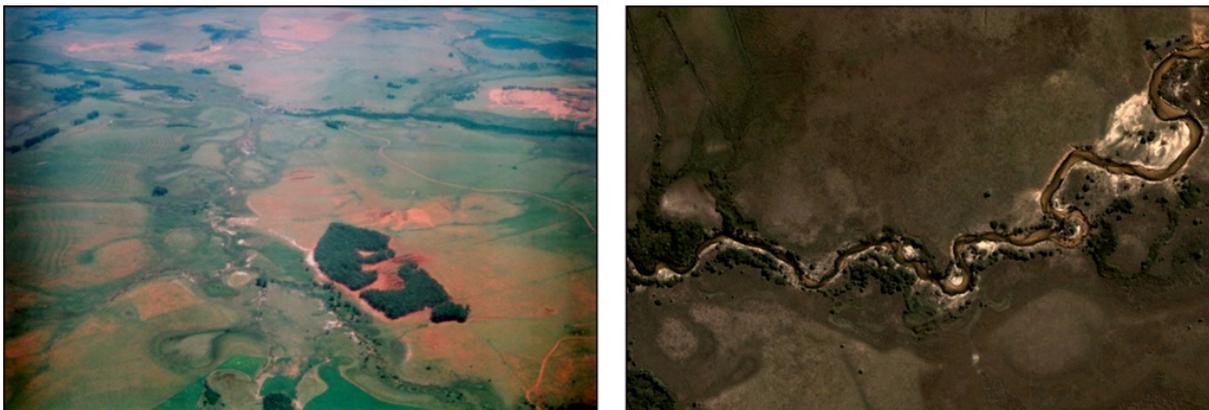


Figura 45: Depósitos quaternários ao longo dos arroios.
Fonte: Imagem de satélite Ikonos e foto aérea – Lageolam, 2004.

6.1.1 *Compartimentação Geomorfológica do Planalto da Serra Geral*

1º NÍVEL Domínios Morfoesculturais	2º NÍVEL Regiões Geomorfológicas	3º NÍVEL Unidade Geomorfológica	4º NÍVEL Padrões de formas semelhantes	5º NÍVEL Padrão de vertentes e topos	6º NÍVEL Feições Superficiais
Planalto da Serra Geral	Planalto das Missões	Modelados de Patamares das Missões	Colinas Vulcânicas em altitudes elevadas	Vertentes Convexas (Cv) Topos planos (Tp)	Depósito de colúvio
		Modelados de Rebordo do Planalto	Morros e morrotes de rocha vulcânica	Vertentes retilíneas (Vr) Topos convexos (Tc)	Escarpas Depósito de colúvio
			Morrotes isolados de rocha vulcânica	Topos convexos (Tc) e vertentes retilíneas (Vr)	
	Planalto da Campanha	Modelado do Baixo Platô Arenítico- Basáltico	Colinas suaves de vulcânica intercalada com arenitos	Vertentes (Cc, Cv e Vr) Topos convexos (Tc) Topos planos (Tp)	Areais Ravinas Voçorocas
		Modelado de Áreas Planas Aluviais	Rampas alúvio- colúvio do Ibicuí	Áreas Planas de acumulação	Depósitos Do Ibicuí

Quadro 6: Distribuição dos níveis da compartimentação geomorfológica da área de estudo.

- **Planalto da Serra Geral**

O primeiro compartimento constitui-se numa área com altitudes que variam entre 100 e 500 metros. Apresenta sua origem ligada ao vulcanismo que cobriu os sedimentos da Bacia do Paraná no final do Mesozóico.

- **Planalto das Missões**

O Planalto das Missões representa o segundo nível de compartimentação e constitui a porção norte da Bacia do Ibicuí com altitudes entre 100 e 500 metros constituindo-se numa porção elevada em relação às áreas próximas, delimitada por escarpas íngremes. Apresenta superfícies levemente onduladas que correspondem aos topos regionais pertencentes a resquícios de uma superfície de aplanamento.

As litologias predominantes são constituídas por derrames de rochas vulcânicas ácidas e básicas. A drenagem apresenta forte controle estrutural com vertentes entalhadas e drenagem encaixada em falhamentos definidos por lineamentos de direção noroeste e nordeste.

- **Planalto da Campanha**

O Planalto da Campanha está situado na porção oeste da Bacia do Ibicuí e apresenta um relevo ondulado, com altitudes inferiores a 300 metros, decaindo de forma gradativa em direção a calha do rio Uruguai situado a oeste.

A morfologia do Planalto da Campanha é esculpida nas rochas efusivas da Formação Serra Geral e, secundariamente, em arenitos da Formação Botucatu e Guará. A pouca espessura dos derrames possibilita o afloramento de arenitos em algumas porções, com o desgaste das camadas superiores, observados, também, na base de morros testemunhos.

Esse compartimento apresenta menor número de derrames, em relação ao Planalto das Missões, tendo como consequência menores altitudes e amplitudes das vertentes, proporcionando uma transição gradual para a Depressão do Ibicuí.

O **terceiro nível** de compartimentação está representado pelos Modelados de Patamares do Planalto das Missões, Modelados de Rebordo do Planalto, Modelado do Baixo Platô Arenítico-Basáltico e Modelados das Áreas Planas Aluviais.

- **Modelado de Patamares do Planalto das Missões**

De modo geral, os patamares do Planalto das Missões correspondem à porção com altitudes situadas entre 400 e 500 metros, porém na área de estudo, ocorre uma porção de maior desgaste do relevo, onde as altitudes variam entre 200 a 260 metros. Esta unidade apresenta como principais características o relevo levemente ondulado junto às nascentes dos principais rios passando para um relevo mais ondulado com associação de morros, morrotes e colinas. Os cursos da água apresentam um padrão retangular controlado pelas estruturas geológicas.

- **Modelados de Rebordo do Planalto**

O modelado de Rebordo está localizado na transição entre o Planalto das Missões e a Depressão do Ibicuí. Sua configuração acidentada testemunha a atual fase de evolução do Planalto da Serra Geral. Ocupam altitudes situadas entre 180 e 400 metros. O relevo é formado por escarpas abruptas associadas a formas de morros e morrotes com declividades superiores a 15%.

O substrato é vulcânico com *intertraps* de rochas areníticas coesas. Os solos são rasos e pedregosos, com afloramento de blocos de rochas.

- **Modelados do Baixo Platô Arenítico-Basáltico**

O modelado do Baixo Platô Arenítico-Basáltico ocorre na porção centro-norte do Planalto da Campanha com altitudes, em geral, inferiores a 100 metros. As formas de relevo predominantes são colinas e rampas com declividades inferiores a 5%. O substrato é formado por uma seqüência de dois a três derrames com intercalações de arenitos. Esta unidade foi subdividida devido a diferenças pedológicas encontradas neste modelado.

- **Modelados das Áreas Planas Aluviais**

Forma um relevo plano com declividades inferiores a 2% e altitudes inferiores a 80 metros. O modelado está associado aos depósitos recentes do rio Ibicuí que ocorrem sobre um substrato onde predominam rochas vulcânicas. Os solos são de rasos a profundos, mal a imperfeitamente drenados.

O rio Ibicuí apresenta um leito maior com seção transversal larga e o leito menor com margens baixas e fundo arenoso. Uma importante característica do leito menor do rio é o desenvolvimento de bancos de areia que indicam a ocorrência de raios mais reduzidos para o leito de estiagem.

O **quarto nível** derivado do Planalto da Serra Geral é constituído por cinco modelados, identificados pelo padrão de características semelhantes em colinas em rochas vulcânicas de altitudes elevadas, morros e morrotes de vulcânica, morrotes isolados, colinas suaves de vulcânica intercalada com arenitos e rampas alúvio-colúvio do Rio Ibicuí, que são descritos a seguir:

- **Colinas em rochas vulcânicas de altitudes elevadas**

O padrão de formas semelhantes pertencente aos Patamares das Missões apresenta 16,29 km², formado por colinas onduladas com patamares planos em altitudes superiores a 360 metros e com substrato de rochas vulcânicas básicas e ácidas (Figura 46). Nestas porções ocorrem seqüências de derrames formando patamares nos locais de contato, onde ocorre o acúmulo de água. Ocorrem ainda, pequenas depressões relacionadas às nascentes dos cursos d'água.

Os solos variam de mal a bem desenvolvidos, de acordo com a posição no relevo e a porção do derrame em decomposição. Ocorrem neossolos litólicos e cambissolos nos topos de morros e em vertentes inclinadas, enquanto que em vertentes com baixa inclinação e no topo de colinas ocorrem solos do tipo Argissolos e Latossolos moderadamente argilosos.



Figura 46: Fotografias mostrando as colinas em altitudes elevadas.
Fonte: Trabalho de campo, 2008 e 2009.

- **Morros e morrotes de rocha vulcânica**

Os morros e morrotes pertencente ao modelado do Rebordo abrangem uma porção de 54,97 km² no alto curso da bacia, locais que apresentam vertentes retilíneas entalhadas, que formam vales encaixados de encostas íngremes. Ocorrem surgências nas porções de contato, como os solos são rasos e as vertentes

íngremes há restrições para o uso e ocupação. Aparecem ainda, escarpas abruptas associadas às seqüências de derrames, que nessa porção totalizam quatro contatos (Figura 47).

Os solos são de cor escura, aparecem em algumas porções de forma rasa, misturados as rochas e profundos em outras, resultado da decomposição das rochas eruptivas. A erosão e a queda de blocos são os processos de dinâmica superficial presentes nestas áreas.



Figura 47: Fotografias com morros e morrotes de vulcânica ao fundo.
Fonte: Trabalho de campo, 2008 e 2009.

- **Morrotes isolados de rocha vulcânica**

Esta feição de relevo conhecida como “morros testemunhos”, indica o recuo erosivo da escarpa do Rebordo do Planalto, da qual faziam parte antes de ficar individualizados, sendo mantidos por uma camada de rocha mais resistente que as inferiores.

Compreende a menor unidade da bacia, com 8,13 km² formados por morrotes. Esta unidade é definida pela ocorrência de formas isoladas de morrotes com vertentes retilíneas de topos convexos ou quase planos (Figura 48) e, em geral, vegetados. Os solos característicos desta unidade são solos pouco espessos, definidos pela associação de cambissolos e neossolos.

Ocorrem processos erosivos e movimentos de massa devido às altas declividades das encostas. Movimentos de massa em vertentes são refletidos pela presença de ressaltos topográficos na meia encosta e depósitos de base, caracterizados como colúvio.



Figura 48: Fotografias mostrando morrotes isolados de rocha vulcânica.
Fonte: Trabalho de campo, 2008 e 2009.

- **Colinas suaves de rocha vulcânica intercalada com arenitos**

Esta unidade pertencente ao baixo platô arenítico-basáltico representa 351,72 km² do total da área de estudo. Ocorrem em altitudes menores que 160 metros e em declividades predominantes menores que 5% (Figura 49). Os derrames nessas áreas são pouco espessos, possibilitando a ocorrência de intercalações de arenitos que por vezes formam “janelas”.

Os solos encontrados nesta unidade compreendem uma associação de neossolos e cambissolos, apresentando um perfil de alteração pouco desenvolvido.



Figura 49: Fotografias mostrando colinas em rochas vulcânicas intercaladas com arenitos.
Fonte: Trabalho de campo, 2008 e 2009.

- **Rampas alúvio-colúvio do Rio Ibicuí**

Na área de estudo o Rio Ibicuí, forma canais meandantes com extensa planície de inundação, em uma área total de 53,46 km². Os depósitos arenosos formando praias e ilhas é a principal característica da região.

Os processos erosivos das bacias hidrográficas e a utilização da água do rio têm aumentado o assoreamento e o impacto no canal.

O **quinto nível** é identificado pelos padrões de vertentes e topos que ocorre em cada modelado.

- **Padrões de vertentes e topos nas colinas em rochas vulcânicas**

As colinas pertencentes a este modelado apresentam características de vertentes convexas de vales encaixados. Os padrões das colinas em altitude diferem dos demais por serem áreas de topos, formadas por patamares aplainados e uma maior concentração de nascentes.

- **Padrões de vertentes e topos de morros e morrotes**

Os padrões de morros e morrotes e de morrotes isolados apresentam vertentes retilíneas e topos planos. O perfil esquemático (Figura 50) apresenta a associação de morros e morrotes identificados na bacia hidrográfica do Arroio Miracatu.

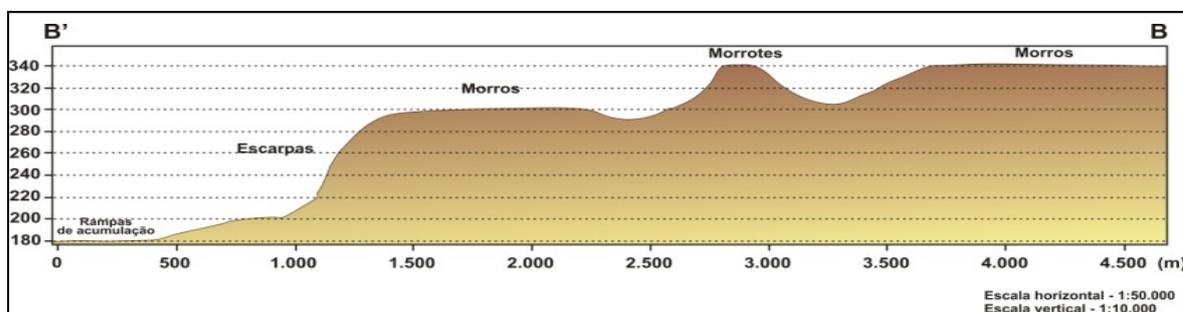
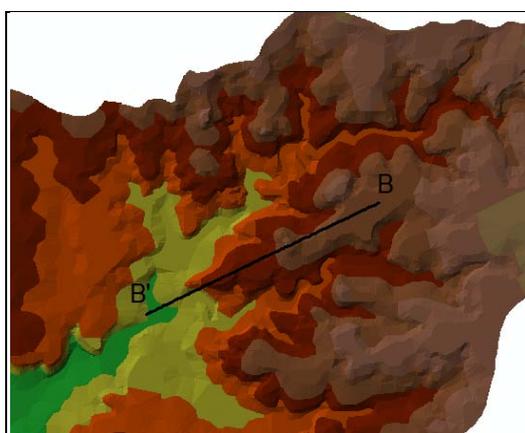


Figura 50: Perfil esquemático dos morros e morrotes e das escarpas do rebordo identificados a montante da bacia hidrográfica do Arroio Miracatu.

Elaboração: De Nardin, 2009.

- **Padrões de vertentes e topos de colinas suaves**

As vertentes côncavas e convexas encontram-se distribuídas ao longo de toda a área de colinas, sem haver predominância significativa de nenhuma delas.

- **Padrões de vertentes das rampas do Ibicuí**

Com relação ao quinto nível, esta unidade é formada pelas áreas planas de acumulação, provenientes do Rio Ibicuí.

O **sexto nível** é caracterizado pelas feições superficiais que ocorrem na área de estudo.

- **Feições Superficiais**

As feições superficiais das colinas onduladas são pouco visíveis, mas podem ser encontrados depósitos de colúvio na base das colinas com encostas mais íngremes. Nos morros e morrotes as feições superficiais estão representadas pelas escarpas e depósitos de colúvio.

Já nas colinas com processo de dissecação mais acentuado, que configuram uma topografia suave, as feições encontradas são os processos de arenização, as ravinas e voçorocas que se desenvolvem nas zonas com exposição de arenitos.

Os depósitos do Rio Ibicuí representam as feições superficiais pertencentes ao modelado das áreas planas aluviais (Figura 51).



Figura 51: Fotografias exibindo depósitos do Ibicuí na área de estudo e rampas de acumulação do rio.

Fonte: Fotografias aéreas – Lageolam, 2004.

*Quando piso essas areias
Meu velho Rio Ibicuí... estou de volta pra ti
Pescando pelas barrancas, trago a magia das águas
Enchentes e calmarias, tuas belas matarias
Meu rio das areias brancas (...)
Nessas águas do Ibicuí – Jean Presser*

7. ANÁLISE DO USO - OCUPAÇÃO E COBERTURA VEGETAL

Neste capítulo são levantadas as informações referentes aos processos de ocupação que ao longo dos anos desencadearam os diferentes usos da terra desenvolvidos nos municípios de Manoel Viana e São Francisco de Assis, que permeiam o recorte das bacias hidrográficas em estudo. Além disso, são apresentadas as informações a respeito da cobertura vegetal que se desenvolve atualmente no conjunto analisado.

O levantamento não tem a pretensão de fazer um amplo resgate histórico e evolutivo de todas as atividades praticadas nestes municípios, mas propõe-se limitar as análises para as atividades mais significativas com ênfase nas últimas duas décadas, período representativo das últimas transformações da paisagem local.

Parte-se da caracterização das atividades de uso e ocupação desenvolvidas nos municípios, que como em praticamente todo o oeste gaúcho, estão historicamente baseadas na pecuária e agricultura, tendo a silvicultura importante papel no desenvolvimento dos municípios, nestes últimos anos.

7.1 A origem e expansão administrativa de São Francisco de Assis e Manoel Viana – Influência das características históricas na condição socioeconômica.

Os municípios de São Francisco de Assis e Manoel Viana²³ pertencem a Microrregião Geográfica da Campanha Ocidental. São Francisco de Assis, em termos fisiográficos, pertence à zona Missioneira e Manoel Viana a Campanha.

Separada do Planalto da Campanha pelo rio Ibicuí, a região missioneira, constitui-se, sob o ponto de vista fitogeográfico, de acordo com Schulze-Hofer e Marchiori (2009), em uma unidade de transição entre os campos limpos do sudoeste

²³ Com codinome “Pérola do Ibicuí” dado pela lei nº 435/1998.

gaúcho e a Floresta do Alto Uruguai. Os municípios pertencem ainda, as compartimentações da Depressão Periférica e do Planalto da Serra Geral.

O processo histórico de formação de São Francisco de Assis teve origem nas terras primitivamente habitadas pelos índios tapes²⁴, nas quais em 1627, o Padre Roque Gonzáles levantou a terceira Redução Jesuíta em solo gaúcho. Essa redução, que recebeu o nome de Candelária do Ibicuí, foi abandonada em 1638, até que, em 1801, na época da conquista das Missões Orientais, é registrada a existência, do Forte de São Francisco de Assis na Sesmaria de Itajuru, à esquerda do Rio Inhacundá.

Segundo narrativa lendária, com o início do povoamento²⁵ em torno do Forte surgem os fundamentos da primeira capela que datam de 1819, (para outros 1810)²⁶. A freguesia de São Francisco de Assis surgiu em 1857. Aos poucos se estabeleciam os primeiros sinais do que iria se tornar, em 04 de janeiro de 1884, pela Lei nº 1.427, o município de São Francisco de Assis, com território desmembrado de Itaqui e de São Vicente, e tendo sua instalação em 7 de janeiro de 1885.

A expansão do povoamento pela Campanha está muito ligada aos ciclos de guerras que se iniciam com a grande invasão espanhola (1763). Conforme Bernardes (1997, p.57) “(...) ao começar o século XIX ainda não se encerrara a série de lutas, mas a Campanha já estava salpicada de estâncias que, continuamente, iam sendo estabelecidas, sobretudo pelos militares que a ficavam conhecendo após as repetidas incursões guerreiras.”

De acordo com Souza (2000, p. 28) as sesmarias foram concedidas principalmente à militares, servidores da Metrópole que vieram em função das guerras e das demarcações dos limites portugueses ao sul do continente e que haviam permanecido no local. Corsetti (1999, p. 223) explica a influência militar na origem das estâncias na Campanha, afirmando que tendo por objetivo a defesa da fronteira e a consolidação das vantagens obtidas através de campanhas bélicas, o

²⁴Os habitantes primitivos foram os índios tapes, por muitos julgados guaranis, mas na verdade sendo aborígenes do grupo Gê, que sofreram fortes influxos culturais dos tupis-guaranis, de forma a com estes serem confundidos (FERREIRA *et al.*, 1959).

²⁵ De acordo com censo do Rio Grande do Sul 1803 – 1950 (FEE, 1981) o início do povoamento da sede foi em 1809.

²⁶ De acordo com Ferreira (1959) a capela parece ter sido fundada em 1810, sendo benta em 1812, ao concluir-se a edificação.

governo português concedia propriedades aos militares que estabeleciam estâncias na campanha, ao longo da fronteira sudoeste do atual Estado do Rio Grande do Sul.

Neste período as propriedades caracterizavam-se pela vastidão de suas áreas, uma vez que, segundo Souza (2000), apesar da limitação legal de três léguas quadradas, aproximadamente 13.000 ha, irregularidades começaram a aparecer quando, ao invés do disposto, cada pessoa da família do proprietário recebia a quota familiar, de modo que essa era multiplicada pelo número de parentes, chegando algumas propriedades a 70.000 ha ou mais.

Levas de gado foram trazidas para a região e criadas aleatoriamente nas pastagens, determinando o que seria o primeiro ciclo da economia do Estado. De acordo com Verdum (2004, p.46) o gado era criado livre sobre as pastagens nativas através de dois sistemas, o da estância e o das vacarias:

(...) o das estâncias, onde o gado era solto nas pastagens nativas dos campos limpos, limitadas pelos acidentes do terreno (cursos d'água, florestas, etc.), e o das vacarias que não necessariamente tratava-se de um sistema de criação, mas uma caça de animais selvagens. Durante a desestruturação das Missões Jesuíticas e dos índios a partir da primeira metade do século XVIII, os animais abandonados proliferaram no nordeste do atual Estado do Rio Grande do Sul de maneira anárquica. Os rebanhos em liberdade constituíram a base dos rebanhos dos campos limpos, recuperados e encaminhados ao sudoeste do Estado pelos proprietários portugueses (VERDUM, 2004, p. 46).

De forma breve, os relatos destes autores esclarecem a origem²⁷ da concentração de terra²⁸ e do gado nos primórdios da ocupação do espaço sudoeste gaúcho. Esta forma de ocupação caracterizou a região dos campos, locais onde se desenvolveram as cidades de São Francisco de Assis e Manoel Viana, e deu origem a uma sociedade latifundiária, patriarcal e composta por uma hierarquia de senhores (estancieiros), peões (gaúchos) e escravos (negros e índios).

A partir do exposto, entende-se que o município de São Francisco de Assis teve seu processo de expansão a partir do povoamento dos jesuítas. A exploração econômica da região surgiu da dependência e sustentação, por parte da população que passou a residir nesta porção do território, da economia de base exportadora ao nível nacional e da própria exportação, especialmente do couro e charque.

²⁷ Vale lembrar que além dos aspectos apresentados o surgimento das grandes propriedades deveu-se também à abundância de terras, e à quase inexistência de mão-de-obra local na fase inicial.

²⁸ Em 1820 ocorreu o fim do regime de sesmarias e com isso, a ocupação das terras que ainda não tinham sido doadas passou a se verificar com base no sistema de "posses". Com a valorização da terra, em meados do século XIX, ocorre uma redefinição da política de terras, a qual configurou a denominada Lei de Terras, de 1850. Para Guimarães (1989), esta lei propunha apenas impedir o acesso à terra por intermédio da posse ou da compra a baixo preço, prevalecendo, assim, os interesses da classe latifundiária.

Para Verdum (2004, p. 47) é durante a segunda metade do século XIX que a fazenda caracteriza a forma de uma unidade de exploração comercial mais rentável. Segundo o autor a demanda crescente pelos produtos do Rio Grande do Sul (o charque, o couro e o trigo) pelo mercado interno brasileiro representa a origem dessa evolução.

Durante o processo de colonização, além dos índios²⁹, primeiros povoadores de São Francisco de Assis, dos negros e dos imigrantes luso-brasileiros e espanhóis, famílias italianas e alemãs, sucessivamente povoaram a região. A imigração italiana ocorreu na década de 1890, com duas correntes de origem: imigração direta via Silveira Martins, ocorrida em 1889 e imigração indireta, via Uruguai, pelas cidades de Rivera/Santana do Livramento (HAIGERT, 1999). Conforme a EMATER/RS (2006), apenas em 1926, chegaram os primeiros imigrantes alemães para a região.

Como os campos da Campanha Gaúcha estavam sendo ocupados com atividade de criação de gado, os agricultores familiares foram ocupando as áreas com maior declividade e com mata nativa, pertencentes ao rebordo do Planalto, que na área de estudo representa a porção a montante, mais especificamente no distrito de Beluno, 4º Distrito de São Francisco de Assis.

De acordo com pesquisa realizada por Mósena (2006) os imigrantes alemães e italianos passaram a desenvolver uma agricultura baseada na produção de feijão, milho, mandioca, cana-de-açúcar, batata e fumo, em áreas do Rebordo do Planalto em propriedades menores de 100 ha.

Da mesma forma, as áreas de várzeas e banhados do Rio Ibicuí também passaram a incorporar o sistema produtivo do município e vieram a ter sua própria dinâmica econômica, através da lavoura de arroz.

Apareceu assim, um novo tipo de produtor, um produtor familiar, com um sistema produtivo mecanizado, com estabelecimento de relações contratuais, baseado numa monocultura e completamente orientado ao mercado, que se diferencia de uma pequena agricultura familiar que funcionava em espaços muito específicos no município de São Francisco, com comercialização de seus excedentes produtivos, e poucas capitalizadas, oriundas de migrações italianas vindas do planalto (Hurtado, 2000, p. 9).

²⁹ Nos municípios de Manoel Viana e São Francisco de Assis são encontrados vestígios arqueológicos que comprovam a ocupação de grupos indígenas. Para maior conhecimento ver Bellanca (2002) e o sistema agrário indígena para o município de São Francisco de Assis, descrito por Mósena (2006).

Estas áreas representam atualmente as porções agricultáveis indicadas na área de estudo, nas proximidades do Ibicuí e que integram o 1º, 2º, e 3º Distritos de Manoel Viana.

No início do século XX, a região que compreende o município de São Francisco de Assis e Manoel Viana era formada por grandes fazendas com criação de gado bovinos e ovinos, que sustentavam a produção de charque e couros. A maior importância econômica de São Francisco de Assis esteve vinculada ao ciclo do charque. Esta produção, segundo Hurtado (2000), encontrava-se em crise desde finais do século XIX, a partir do colapso da pecuária após a guerra do Paraguai e a perda de competitividade frente aos platinos. O impedimento do Uruguai de exportar seu charque propiciou o desenvolvimento econômico dessa região neste período.

Com o passar do tempo, já em 1950, com a intensificação das lavouras de grãos (primeiro trigo e milho, e posteriormente, a finais dos 50 e princípio dos 60, a soja), como forma de desenvolvimento econômico, trouxe à tona as limitações impostas pelo substrato da região, que tendo solos pouco férteis e sensíveis à erosão foi sendo desgastado através da mecanização e da intensidade do pastoreio, provocando o aumento dos processos erosivos.

Ainda na década de 50 foi concluída a construção da ponte General Osório sobre o Rio Ibicuí, desencadeando o crescimento da população da vila de Manoel Viana e dinamizando o desenvolvimento da região.

Com relação à origem de Manoel Viana, de acordo com relatos históricos, conta-se que ocorreu a partir do povoado de Passo Novo do Ibicuí. O povoado de Passo Novo do Ibicuí surgia da necessidade de uma área para descanso dos viajantes bem como para o repouso dos animais, foi feita a medição e divisão dos campos denominados "Sesmaria do Ibicuí". Foi demarcado um quarto (1/4) de légua quadrada, correspondente a 272,5 ha destinados a formação do povoado. O povoado surgiu no trajeto da linha ferroviária, local de passagem de tropas de cavaleiros, em viagens entre as regiões das Missões e da Fronteira que estimulavam a produção e o comércio de charque na região.

Este povoado conservou o nome de Passo Novo do Ibicuí até a criação do Decreto Lei nº 7.589 de 29 de novembro de 1938, que o elevava a categoria de vila e passando a denominar-se de "Vila de Manoel Viana", em homenagem aos serviços prestados pelo Intendente Coronel Manoel Viana no período de 1908 a 1916.

Em 20 de Março de 1992³⁰, o 3º Distrito do município de São Francisco de Assis, concluiu seu processo de emancipação política, o qual englobou também, uma parte do município de Alegrete, dando origem ao atual município de Manoel Viana.

Com isso, o município de Manoel Viana passou a limitar-se, ao sul, pelo rio Ibicuí, com o município de Alegrete, a oeste, pelo rio Itu e o município de Itaqui, a norte com o município de Itaqui e Maçambará e a leste pelo município de São Francisco de Assis.

Com a emancipação de Manoel Viana, a área territorial do município passou para 1.390,7 km² com uma densidade populacional de 5,0 hab/km². Sua população é de 6.948 habitantes (2008), sendo que destes, 5.414 residem na área urbana e 1.534 na área rural. A população que ainda reside no campo se distribui em sua maioria no assentamento Santa Maria do Ibicuí, que apresenta atualmente 226 famílias assentadas.

Parte da população rural do município está vinculada a produção agrícola em pequenas propriedades. De acordo com o INCRA (2005), ao todo são 619 estabelecimentos rurais, dos quais 451 estão vinculados a agricultura familiar, respondendo por 21.718 ha, ou seja, 15,61% da área total do município.

Segundo a divisão administrativa vigente em São Francisco de Assis, o município compõe-se de cinco distritos identificados da seguinte forma: 1º distrito: Sede do município; 2º distrito: Toroquá; 3º distrito: Boa Vista; 4º distrito: Beluno e 5º distrito: Vila Kraemer.

Limita-se atualmente, ao norte, pelo rio Itu, com os municípios de Maçambará, Unistalda e Santiago; a leste, pelo arroio Piquiri, com os municípios de Nova Esperança do Sul e Jaguari; ao sul, pelos rios Jaguari e Ibicuí, com os municípios de São Vicente do Sul e Alegrete; e a oeste, por uma linha seca demarcada pelas encostas dos paredões e pela Sanga da Restinga, com o município de Manoel Viana.

Com uma população de 19.933 habitantes (2008)³¹ em uma área de 2.508,5 km², São Francisco de Assis possui uma densidade demográfica de 7,9 hab/km². A

³⁰ No dia 20 de março foi assinado o Decreto-Lei nº 9.542/92, passando o então 3º Distrito de São Francisco de Assis à condição de Município de Manoel Viana. Indo de acordo com o Decreto nº 34.328 de 18 de maio de 1992, e posteriormente pelo Decreto Legislativo nº 017/93 que institui a Lei Orgânica do município de Manoel Viana.

³¹ Dados baseados na FEE (Fundação de Economia e Estatística).

população residente na área rural é de 5.573 habitantes e da área urbana de 14.360 habitantes. De acordo com o INCRA (2000), são 1755 estabelecimentos rurais com agricultura familiar, que representa 53,79% do município.

Com uma área reduzida em torno de 1.277 km², no período inicial da emancipação as perdas para São Francisco de Assis não ficaram apenas na porção territorial³², mas se manifestaram pela redução na produção, devido à perda de área e aos condicionantes naturais, uma vez que São Francisco de Assis apresenta escarpas íngremes que impedem a agricultura. Entende-se que ao desmembrar Manoel Viana de seus limites, o município perdera a topografia plana que condicionava melhores condições à agropecuária e as grandes propriedades que "sustentavam" a economia do município, eminentemente baseada no setor primário.

Pode-se observar no gráfico 13 a queda na área produzida dos principais produtos desenvolvidos no município de São Francisco de Assis no ano de 1992 e 1993, período no qual ocorre a divisão do município. Nota-se também o grande avanço da cultura da soja a partir do ano de 2000, com um pico no ano de 2005 com uma área superior a 26.000 ha, e pouca oscilação nas demais culturas produzidas. Percebe-se ainda, que depois da pecuária, nos últimos 20 anos a produção de soja, milho, seguida do arroz são as principais atividades desenvolvidas no município.

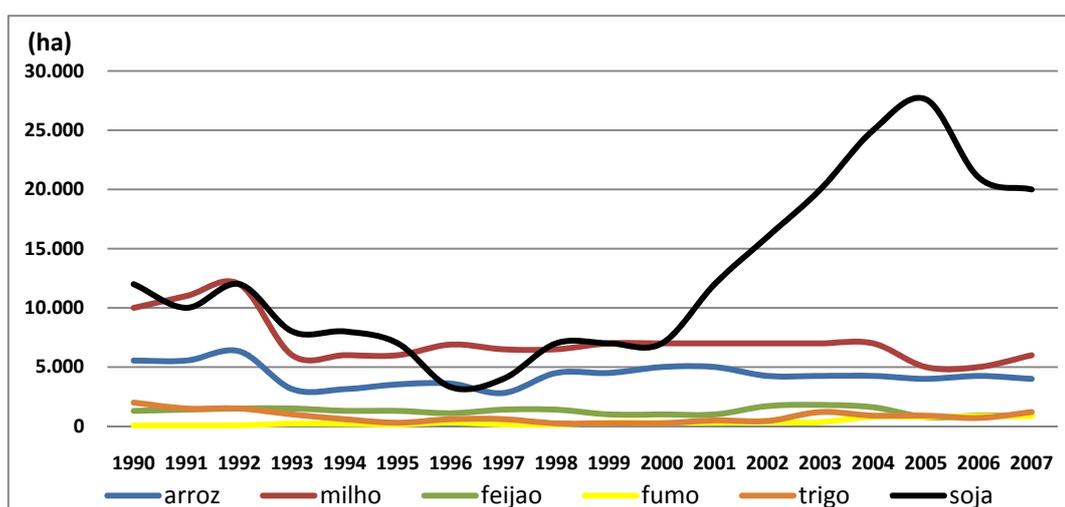


Gráfico 13: Área colhida (ha) com os principais produtos desenvolvidos em São Francisco de Assis entre 1990 e 2007. Fonte: IBGE, Censos Agropecuários.

³² De acordo com a lei de criação do município a área desmembrada do município de São Francisco de Assis foi de 1.277,7 Km² e de Alegrete 63,2 Km².

As desestruturas locais aliadas às sucessivas crises enfrentadas pelo país ocasionaram problemas socioeconômicos para São Francisco de Assis, que em meados de 1995/96 segundo o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) passou a fazer parte da escala dos municípios mais pobres do Estado do Rio Grande do Sul.

Neste período, as principais atividades econômicas desenvolvidas no município se difundiam na pecuária e na agricultura, sendo distribuídas em propriedades rurais com extensão variadas, predominando (em quantidade) lavouras temporárias com até 20 ha (Gráfico 14) e a pecuária com propriedades de até 500 ha. Já a produção mista (lavoura e pecuária) ocorria em propriedades de até 100 ha. A silvicultura e a exploração florestal predominavam em áreas com até 20 ha.

A produção de milho e arroz (lavoura temporária), presente desde os anos de 1920, segundo dados dos censos históricos do IBGE (1990 a 2007) e pesquisas realizadas por Verdum (1997), esteve orientada para a satisfação direta dos produtores e parcialmente para o mercado regional. Neste período o milho desenvolvia-se predominantemente sobre os vales do Planalto e estava associado às propriedades menores de 100 ha. A partir de 1970, com o crescimento desta cultura, ocorre a expansão das lavouras para os campos da Depressão Periférica.

Atualmente as plantações de milho estão associadas às pequenas propriedades, com área inferior a 20 ha (Figura 52a). Com relação à produção de arroz, o crescimento observado ocorre em detrimento da mata ciliar, situada ao longo das planícies aluviais (Figura 52b).



Figura 52: Usos desenvolvidos no município de Manoel Viana.

(A) Plantação de milho finalizada, com pastagens se desenvolvendo no local. (B) Lavoura de arroz na várzea do Ibicuí.

Fonte: Trabalho de campo abril de 2009.

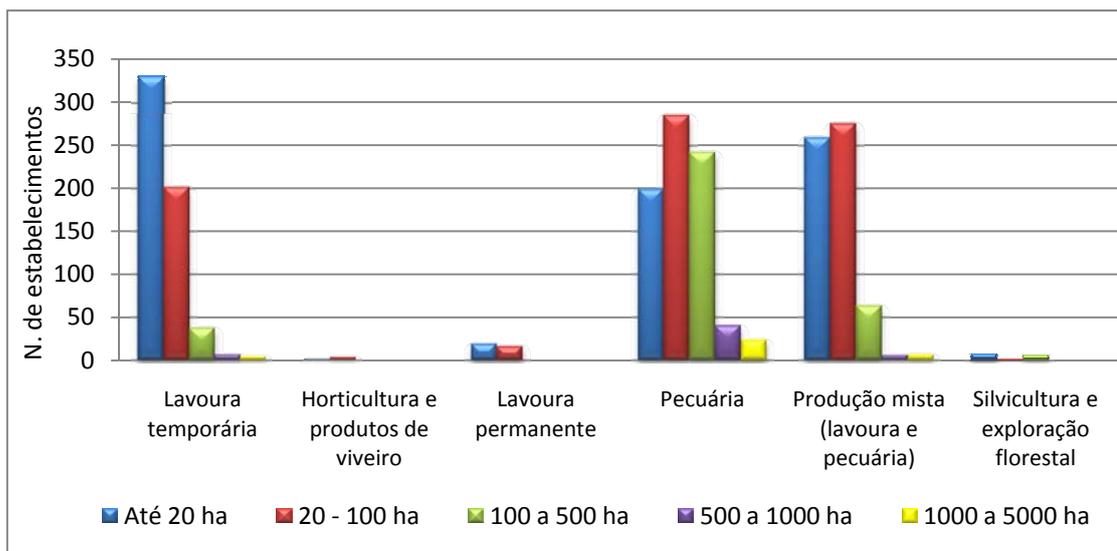


Gráfico 14: Estrutura fundiária por atividade econômica desenvolvida no município de São Francisco de Assis no ano de 1996. Fonte: IBGE, Censos Agropecuários.

Embora ocorra um predomínio de estabelecimentos com até 20 ha, com um total de 814 propriedades rurais desenvolvendo atividades econômicas no ano de 1996, o que se observa no município é que das propriedades rurais que desenvolvem as atividades descritas no gráfico, as que apresentam área superior a 100 ha somam 431 propriedades e ocupam 88,18% da área do município. Em 57,19% da área total das propriedades rurais com área superior a 100 ha desenvolvem a pecuária como atividade base. Os dados apresentados demonstram que a organização do espaço rural do município ainda está ligada a pecuária extensiva desenvolvida em grandes propriedades.

Os dados mais recentes da estrutura fundiária de São Francisco de Assis INCRA (2005) indicam que o município apresenta 3.606 propriedades rurais que totalizam uma área com 209.073 hectares.

Pela análise dos dados (Gráfico 15) percebe-se que as grandes propriedades não predominam em número no município de São Francisco de Assis, apenas 49 imóveis, mas o que ocorre na verdade é a alta concentração da terra ocupada por estas que totalizam em mais de 40.000 ha do município. As médias propriedades predominam em área ocupada. Embora totalizando uma área mais reduzida, os minifúndios representam atualmente um número bastante expressivo das propriedades rurais do município, com 2.239 propriedades.

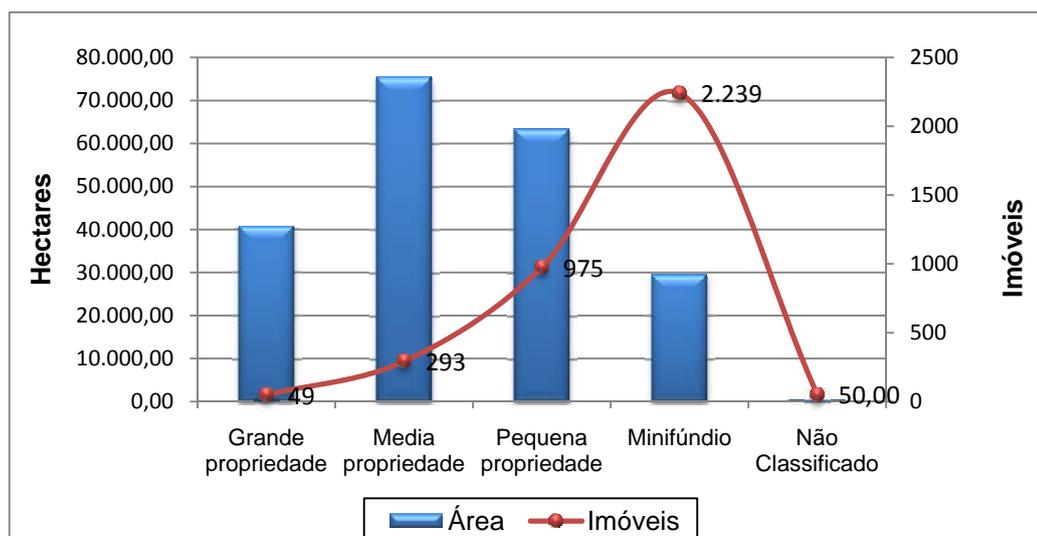


Gráfico 15: Distribuição fundiária no município de São Francisco de Assis. Fonte: INCRA (2005).

Em Manoel Viana a situação é um pouco diferente, as grandes propriedades predominam em área ocupada, com um número de 43 imóveis (Gráfico 16). Com um total de 104.343 ha, as grandes propriedades ocupam 53.304 ha, ou seja, mais da metade da área de imóveis rurais. Dos 619 imóveis rurais presentes no município, 243 compreendem pequenas propriedades. O número expressivo de pequenas propriedades demonstra uma nova dinâmica associada à criação e assentamentos e a inserção de agroindústrias familiares.

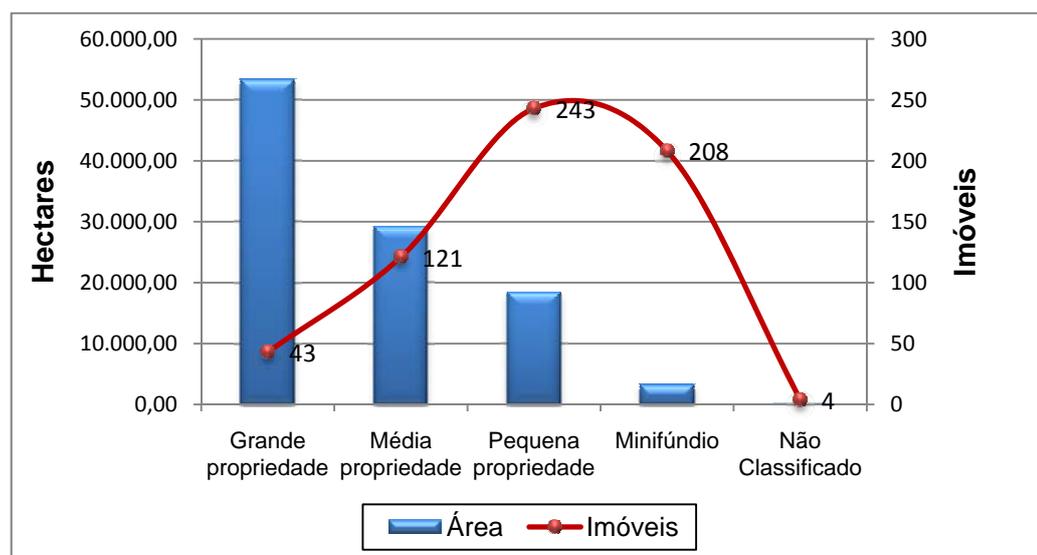


Gráfico 16: Distribuição fundiária no município de Manoel Viana. Fonte: INCRA (2005).

A partir da análise do gráfico da produção agrícola de Manoel Viana (Gráfico 17), fica clara a expansão da soja (Figura 53a) no município, que em um período de 10 anos, comparando a pior colheita de 1996 (1.600 ha) até 2006 (30.000 ha), percebe-se uma importante expansão de 28.400 ha de área plantada, superando São Francisco de Assis, e demonstrando a pressão agrícola sobre os campos nestes últimos 10 anos.

As demais culturas, como o arroz, o milho e o trigo permaneceram com a mesma área, tendo algumas variações durante os anos.

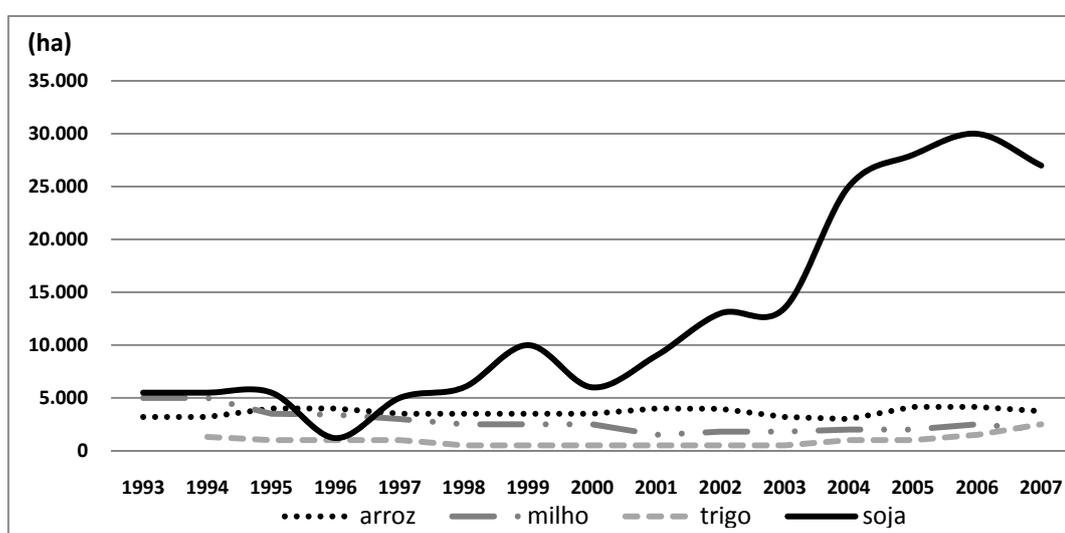


Gráfico 17: Área colhida (ha) com os principais produtos desenvolvidos em Manoel Viana entre 1990 e 2007. Fonte: IBGE, Censos Agropecuários.



Figura 53: Usos desenvolvidos no município de Manoel Viana.

(A) Os contrastes da paisagem com plantação de soja em primeiro plano e ao fundo áreas com butiá-anão e plantação de eucalipto. (B) Lavoura com pastagens.

Fonte: Trabalho de campo, abril de 2009.

A utilização predominante da terra em São Francisco de Assis, no período de 1996-2006 (Gráfico 18), é com pastagens, o que também pode ser observado no mapa de uso da terra da área de estudo do ano de 2000 e 2009 (Figuras 56 e 57). Como se observa no gráfico e nos mapas predomina as áreas de campo sendo notável o aumento das áreas agrícolas em detrimento das áreas de pastagens. Este fato já era observado por Verdum (1997) para o período de 1920 a 1990, onde foi possível verificar a evolução dos cultivos temporários em relação à superfície de criação.

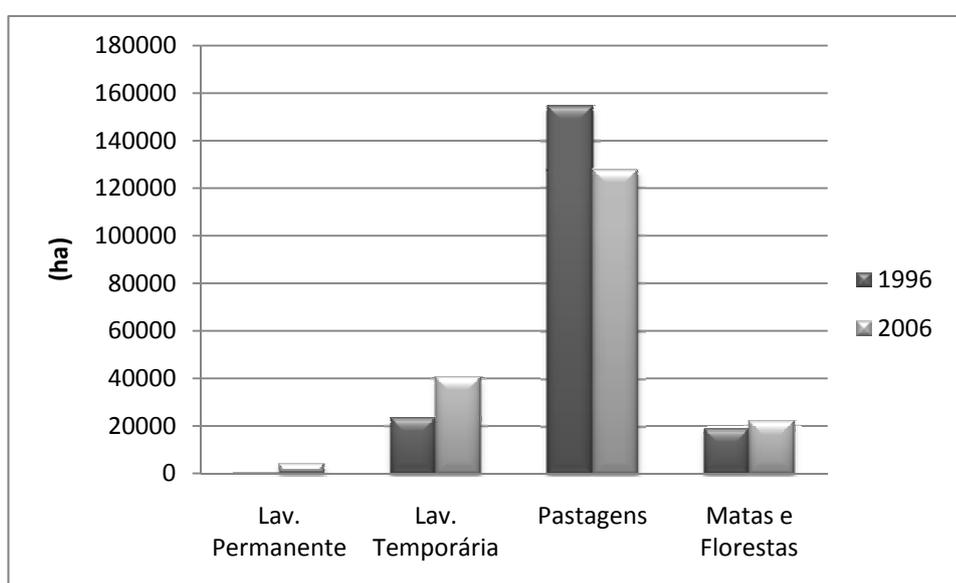


Gráfico 18: Tipo de uso da terra no município de São Francisco de Assis no período de 1996 a 2006. Fonte: IBGE, Censos Agropecuários.

Ao comparar as superfícies ocupadas por cada atividade e a superfície agrícola total nos municípios de São Francisco de Assis e Manoel Viana entre 1950 e 1985, Verdum (1997) mostra que a superfície de culturas temporárias representava em 1950 apenas 5% (15.191 ha) e em 1985 passou a apresentar 16% (57.873 ha) da superfície agrícola total. Este aumento da superfície cultivada resulta na diminuição de mais de 30.000 ha de superfície com pecuária. Já nas décadas seguintes (70 e 80) observa-se um aumento das lavouras temporárias na região.

As lavouras temporárias, que no ano de 1996 ocupavam 11,44 % da área do município de São Francisco de Assis, no ano de 2006 passaram a ocupar 20,09% da área total, seguindo a tendência dos últimos 50 anos. As pastagens passaram de 75,89% para 63,14%.

Em Manoel Viana, a situação da utilização das terras é semelhante (Gráfico 19), com predomínio de pastagens, tendo estas uma queda de área, durante o período analisado. Observa-se também, um aumento das lavouras temporárias e permanentes de 14,5% para 22,7%. Outro dado importante é a diminuição da quantidade de matas e florestas, que de 349 estabelecimentos identificados pelo censo no ano de 1996, encontra-se em 2006 com apenas 53, tendo uma redução em área de 3.768 ha.

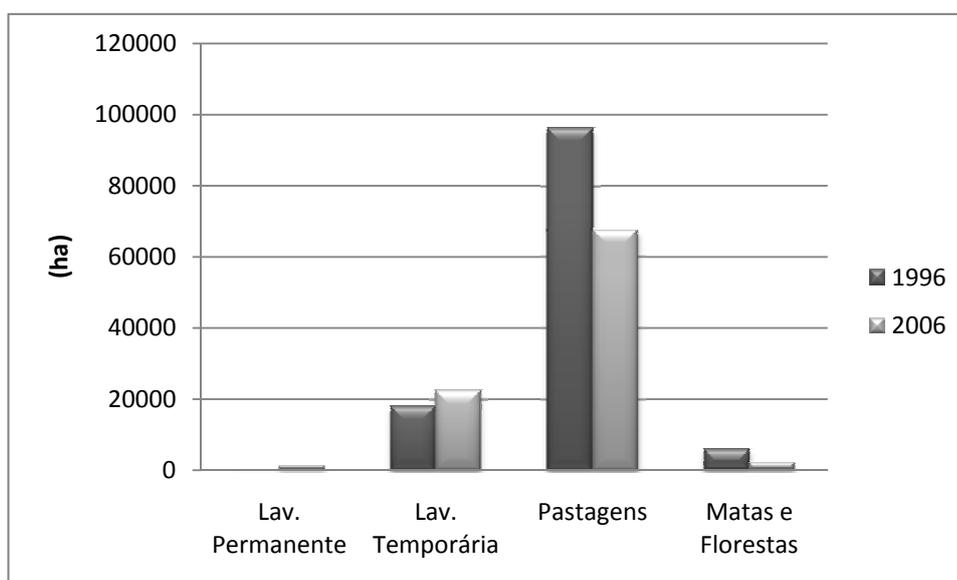


Gráfico 19: Tipo de uso da terra no município de Manoel Viana no período de 1996-2006. Fonte: IBGE, Censos Agropecuários.

A partir de 2006, a região passa a ser alvo de negociações para incorporar a silvicultura como nova atividade, com o objetivo de desenvolver e dinamizar esses municípios. A partir de então, e com maior intensidade nos últimos dois anos iniciou-se o plantio de extensas áreas de pinus e eucaliptos que representam a nova monocultura desenvolvida nos municípios de Manoel Viana e São Francisco de Assis.

Nos dados disponíveis no IBGE ainda não são informados a quantidade produzida com a silvicultura por ser uma atividade recente para os municípios analisados.

7.2 O estudo do uso e ocupação da terra e cobertura vegetal na área de estudo

O recorte de estudo abrange parte do 1º distrito, sede do município de São Francisco, do 3º distrito de Boa Vista, do 4º distrito de Beluno e parte do 5º distrito de Vila Kraemer. Compreende ainda, os três distritos³³ pertencentes ao município de Manoel Viana: 1º distrito: Manoel Viana; 2º distrito: Piraju; 3º distrito: Barragem do Itú (Figura 54).

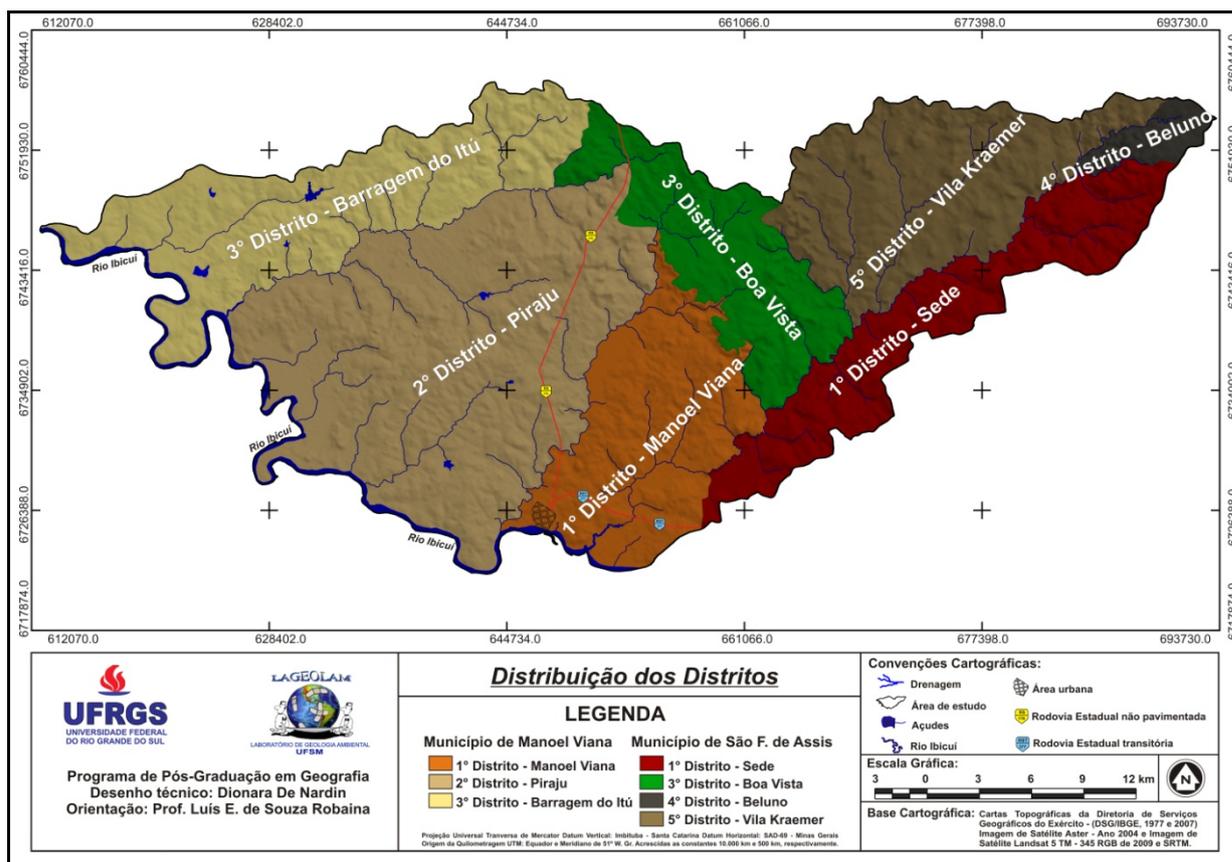


Figura 54: Distribuição dos Distritos de Manoel Viana e São Francisco de Assis nas bacias hidrográficas de estudo.

Conforme destacado com as análises dos censos do IBGE e do INCRA e com os trabalhos de campo, os diferentes usos da terra desenvolvidos nos municípios de Manoel Viana e São Francisco de Assis estão associados com a estrutura fundiária das propriedades rurais presentes nos municípios.

Buscando limitar as constatações para a área de estudo, os dados identificados em campo nos últimos anos juntamente com a classificação das imagens de satélite permitiram desenvolver uma análise multitemporal do período de 20 anos (1990 – 2000 – 2009).

³³ Criados pelo projeto de lei nº 0009/93 de 1 de fevereiro de 1993. Neste projeto de lei consta a descrição dos limites de cada distrito, que coincidem com os limites do município.

7.2.1 Os usos da terra e cobertura vegetal no ano de 1990

Em 1990 o uso da terra na área de estudo estava bastante atrelado as atividades agrícolas, sendo esta identificada por lavouras com plantio e com solo exposto, aguardando novas culturas (Figura 55). As lavouras que se desenvolviam no mês de junho (período da classificação da imagem), chamadas de lavoura de inverno compreendiam apenas 4.862 ha. Em outros períodos, somando as áreas de solo com lavouras em pousio ou entressafra, as áreas com lavouras podiam chegar a cerca de 35.000 ha.

Porém, o que se observa ainda com maior expressão neste período são os campos com pecuária, que perfazem mais de 60% da área total.

As áreas de matas e florestas concentram-se no alto curso da BH do Arroio Miracatu, e nas escarpas do Rebordo, que costeiam as principais bacias hidrográficas da área de estudo, como a BH do Arroio Pirajú e Caraguataí. Além disso, são visíveis nas encostas dos morrotes e cornijas, bem como ao longo das drenagens. Alguns bosques de eucaliptos são vistos de forma pontual e esparsa, servindo para o uso das propriedades. A vegetação arbórea desse período, que engloba a mata ciliar, de encosta e escarpas, além dos capões, compreendia mais de 17 mil ha da área.

Os processos erosivos eram bastante intensos, e os areais mantinham-se bem visíveis uma vez que as plantas exóticas sobre os areais ainda não estavam sendo incorporadas na região. Os areais ocupavam cerca de 2.000 hectares em 1990.

O processo de erosão e deposição do Rio Ibicuí já se mostrava significativo, sendo intensificado pelo cultivo do arroz em suas margens.

O Rio Ibicuí apresenta, na porção que compreende a área de estudo, uma largura do leito, superior a 200 metros, isso possibilita agregar uma área de preservação permanente com 200 metros, de acordo com a Lei de Código Florestal³⁴. Nota-se que em 1990 já não era visível a preservação de toda a faixa ao longo do rio.

³⁴ Lei 4771/65 – Código Florestal Brasileiro e Art. 3º, da Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002, e Art. 155 da Lei Estadual nº 11.520 (Código Estadual do Meio Ambiente), de 03 de agosto de 2000.

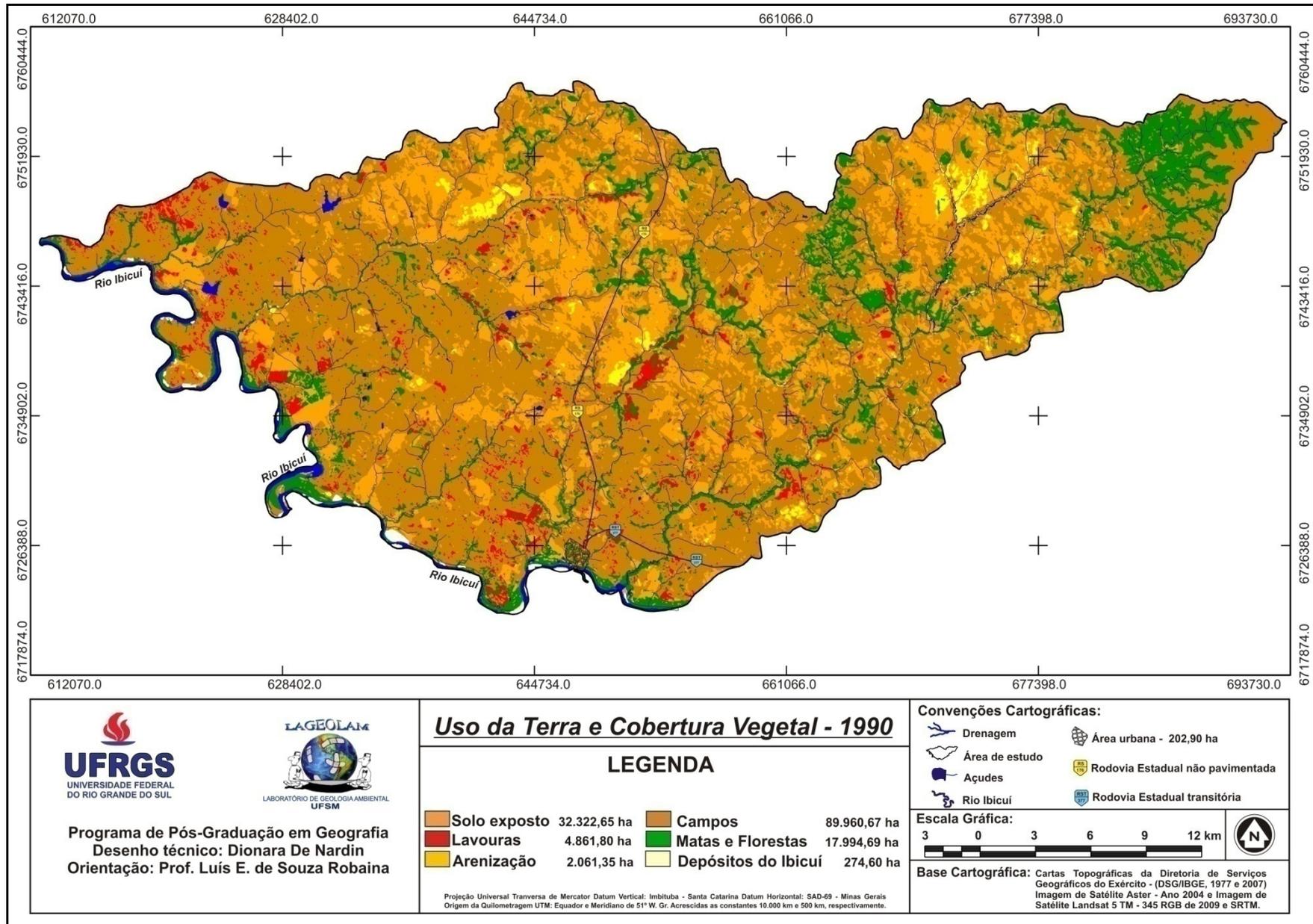


Figura 55: Mapa do uso da terra e cobertura vegetal da área de estudo no ano de 1990.

7.2.2 Os usos da terra e a cobertura vegetal no ano de 2000

Para o ano de 2000, constatou-se que a situação do uso da terra na área de estudo apresentava-se com o predomínio de áreas de campos com vegetação herbácea (56,4%), onde se desenvolve tradicionalmente a pecuária, conforme pode ser observado no mapa (Figura 56).

A vegetação arbórea dos cursos fluviais, encostas, escarpas e capões mostram-se mais reduzida do que na década de 90. As formas isoladas de bosques de eucaliptos e *pinus* ocorriam neste período em pequenas porções ao longo de todas as bacias hidrográficas, e de forma mais extensiva na Sanga da Areia, sendo comumente utilizada pelos proprietários rurais como quebra vento para contenção dos processos erosivos e para proteção e descanso do gado. Todas estas ocorrências de vegetação arbórea totalizavam 14.091 ha, representando 9,4% do total da área.

As lavouras, associadas com as áreas de solo exposto e reduzida cobertura vegetal por estarem em fase de preparo para o plantio, ocorriam em 30,7% do total. A ocorrência mais intensa deste uso era nas proximidades do Ibicuí e nas áreas de várzeas dos arroios, onde se desenvolvem a produção de arroz.

A arenização representava 0,86% da área total, ocorrendo manchas arenosas de forma mais expressiva no alto curso do Arroio Miracatu, e no médio curso do Arroio Caraguataí e Pirajú.

As áreas de preservação permanente ao longo do Rio Ibicuí reduziram com relação à década anterior. Esse fato associa-se ao aumento dos depósitos arenosos ao longo do rio. O assoreamento vai alterando o curso do rio e as águas se espalham causando inundações, com o passar do tempo, os sedimentos depositados no leito do rio reduzem a força da correnteza e tornam o leito mais raso e largo.

As áreas com depósitos do rio Ibicuí para o ano analisado possuía uma abrangência de 308,90 ha.

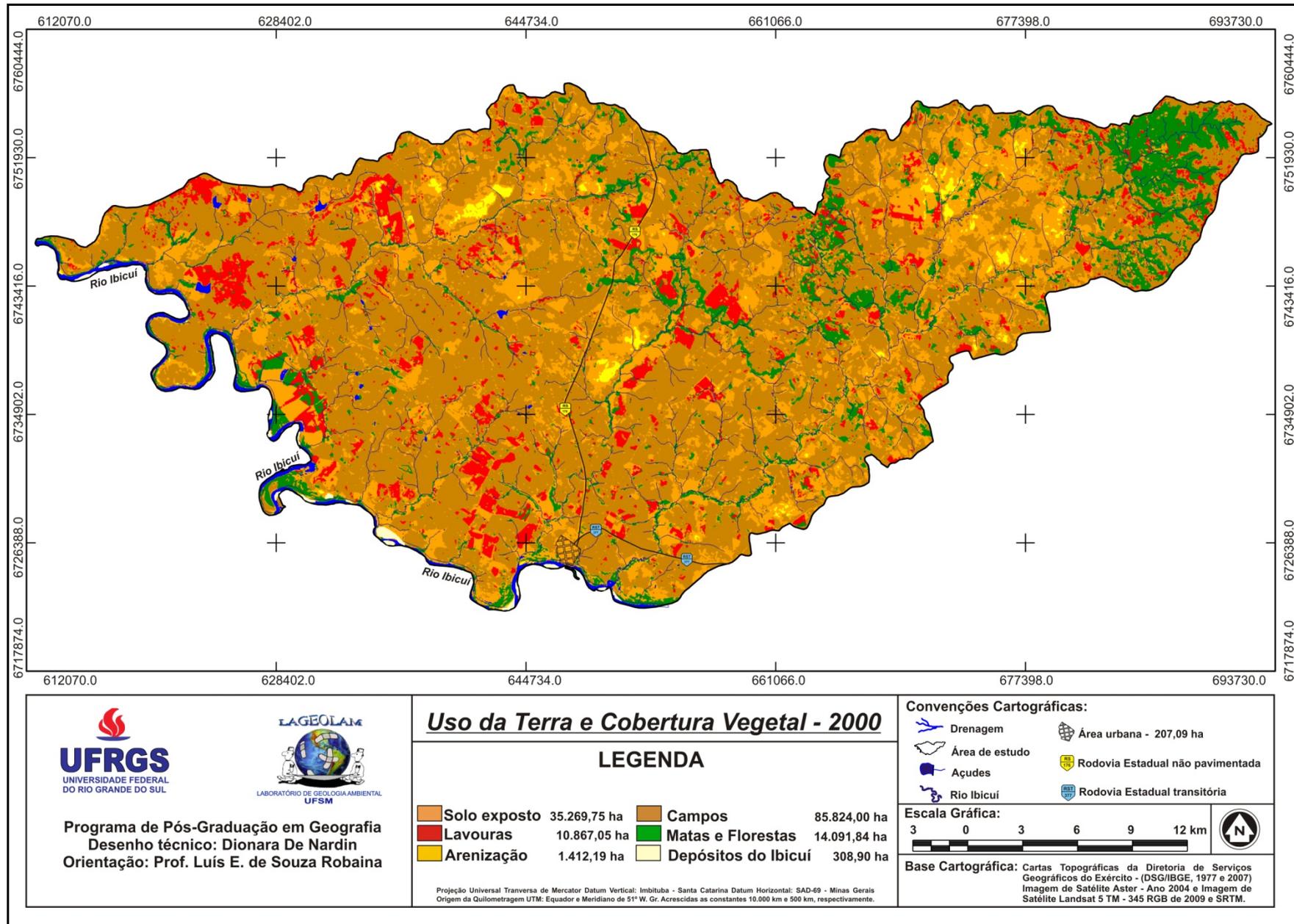


Figura 56: Mapa do uso da terra e cobertura vegetal da área de estudo no ano de 2000.

7.2.3 Os usos da terra na área de estudo no ano de 2009

Atualmente, os usos da terra desenvolvidos na área de estudo apresentam uma dinâmica diferenciada da apresentada nas décadas anteriores (Figura 57).

Tendo em vista as investigações em campo e a utilização de imagem de satélite do ano de 2009 foi possível identificar importantes alterações na área de estudo, principalmente no que diz respeito à cobertura vegetal.

Significativas áreas com plantação recente de eucalipto foram diagnosticadas em campo e mapeadas nas bacias hidrográficas analisadas, totalizando uma área de 2.740 ha. Na Bacia Hidrográfica do Arroio Miracatu/Taquari, mais especificamente na microbacia hidrográfica Sanga da Areia, foi identificado uma área de 670 ha e que teve seu plantio começado no início de 2008, apresentando, atualmente, um porte bem avançado de crescimento.

Plantações de espécies exóticas de pinus e eucalipto já eram realizadas por proprietários na Sanga da Areia, com início diagnosticado na década de 90.

Nota-se que no polígono 1 (Figura 58), há a ocorrência de areais que foram isolado do restante da plantação. Mesmo que a plantação de eucalipto esteja muito próxima do areal, a prática de restrição ao plantio de espécies arbóreas sobre os areais era uma exigência do Zoneamento Ambiental para a Silvicultura³⁵, (ZAS) tendo como base a constatação das funções ecológicas dos areais. As restrições tinham ainda, como exigência, uma faixa livre do plantio de espécies arbóreas em uma distância mínima de 150 metros. Porém com as alterações no zoneamento, acabaram autorizando o plantio sem limite de área por unidade de paisagem e sem restrições prévias.

Percebe-se ainda, que os incentivos governamentais em estimular a inserção de empresas para implantação de monoculturas arbóreas, têm levado a uma redução dos campos, do chamado Bioma Pampa, redução esta, já iniciada com as monoculturas da soja e que atualmente tem se intensificado com o eucalipto. Nos últimos anos, o que se tem visto é que as políticas públicas, especialmente de crédito, têm estimulado a conversão dos campos em outros usos.

³⁵ Elaborado por corpo técnico da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) e Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul em colaboração com a SEMA (DEFAP e FZB). Em 9 de abril de 2008 o ZAS (totalmente modificado da 1ª versão) foi aprovado pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA), tendo sido suprimida a classificação das áreas de Unidade de Paisagem Natural por índice de vulnerabilidade.

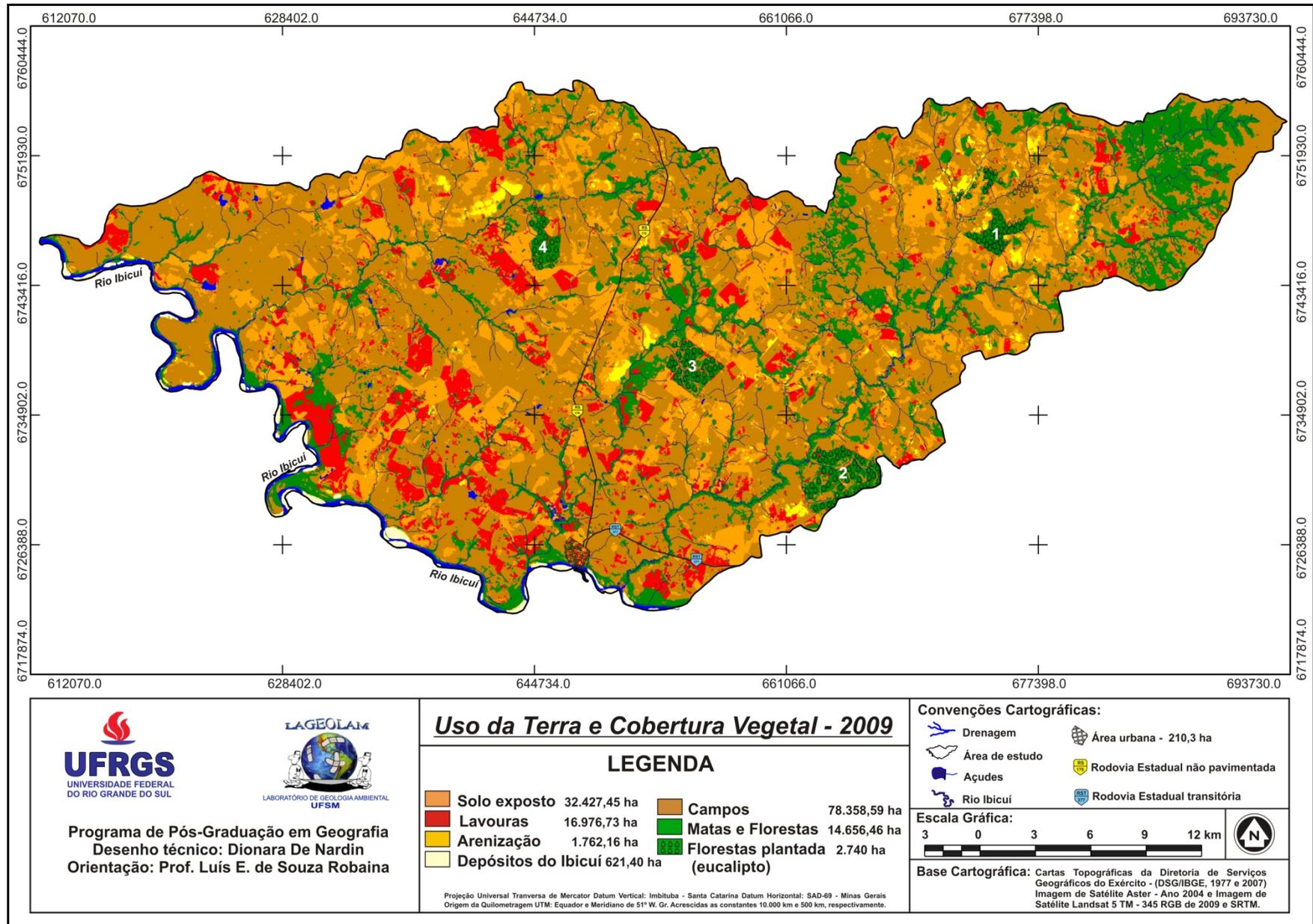


Figura 57: Mapa do uso da terra e cobertura vegetal da área de estudo no ano de 2009.

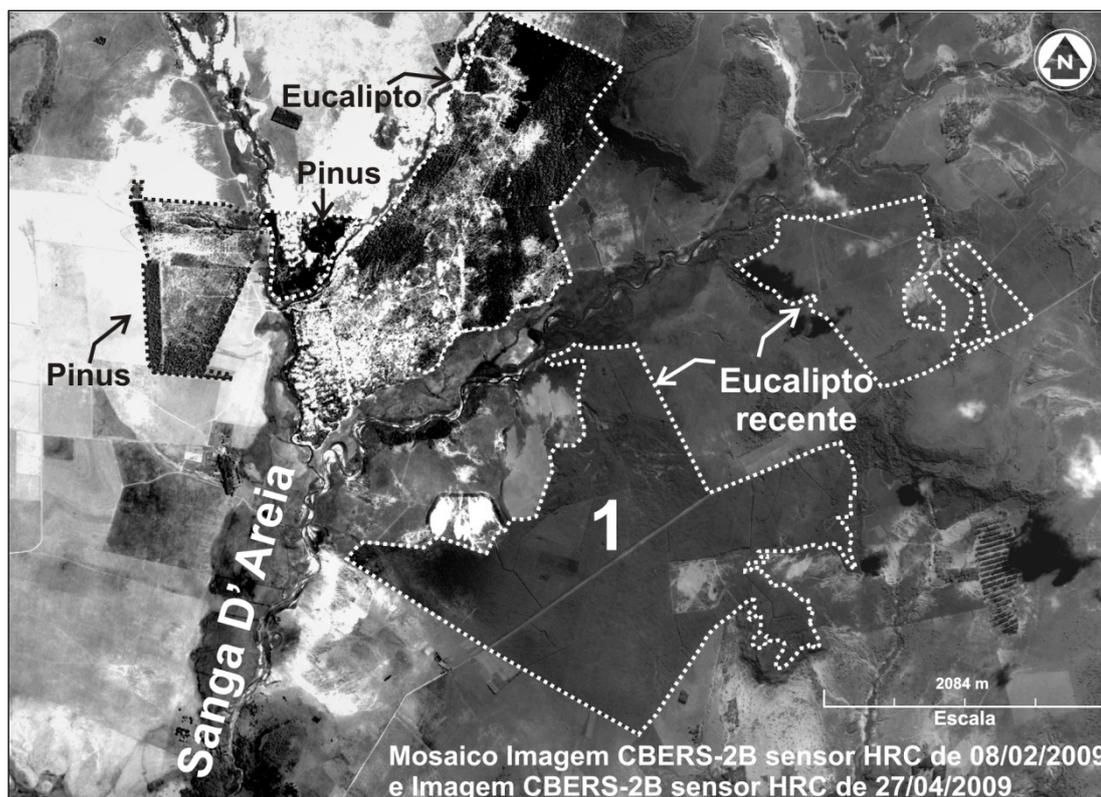


Figura 58: Imagem de satélite CBERS-2B com resolução de 2,5 m identificando plantio de eucalipto em fevereiro de 2009 na Sanga da Areia – Arroio Miracatu/Taquari. O número 1 indica localização de eucalipto recente, com plantação realizada por empresas multinacionais e demais polígonos indicam plantação mais antiga, realizada por proprietários rurais com culturas de pinus e eucalipto, visando dinamizar zonas com areais.

No caso apresentado, a área antes formada por lavouras de soja (com início na década de 70) e onde nas últimas duas décadas manteve-se com pecuária, encontra-se, atualmente coberta por eucalipto (Figura 59).



Figura 59: Fotografia mostrando a expansão da monocultura de eucaliptos no Arroio Miracatu.

Fonte: Trabalho de campo, abril de 2009.

Ainda com relação às áreas recentes de eucalipto, foram mapeadas na Bacia do Miracatu porções a jusante do canal com uma área de 850 ha que extrapola o limite da bacia (Figura 60).

Nesta área de plantação recente, no período de 1990 a 2008 eram desenvolvidas atividades agrícolas, com algumas faixas de campos com pecuária. Nota-se que no interior da área (identificada com o número 2) um cerro de arenito permanece isolado.

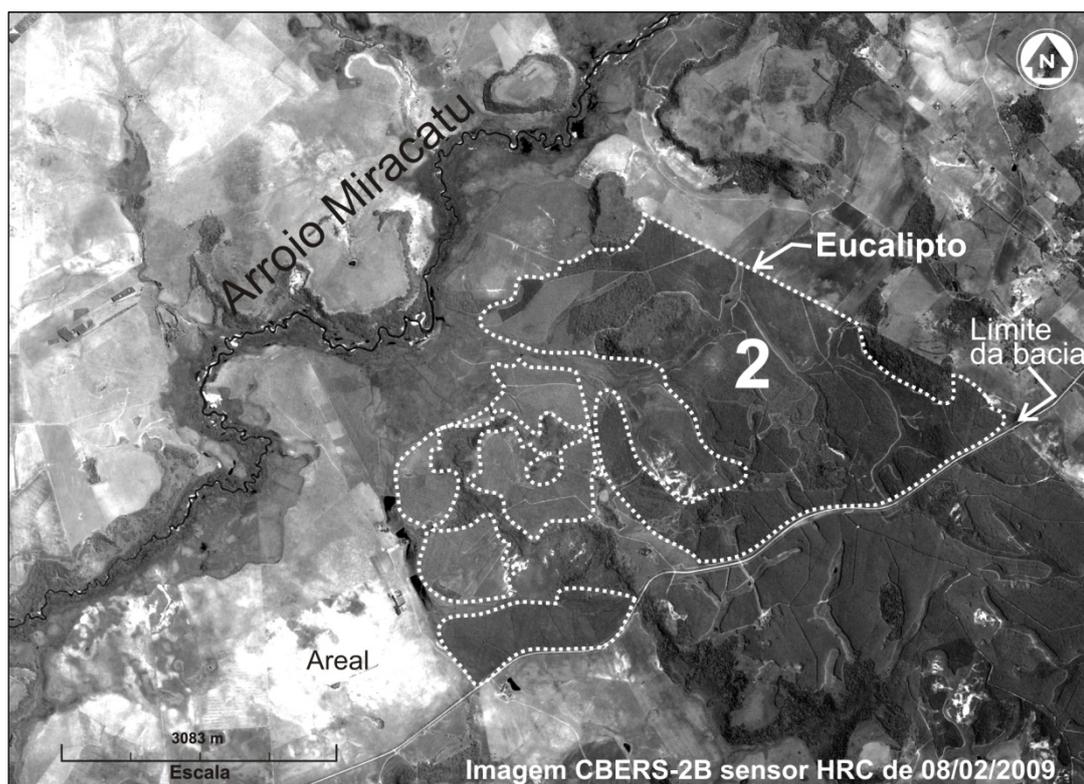


Figura 60: Imagem de satélite CBERS-2B com resolução de 2,5m identificando plantio de eucalipto em fevereiro de 2009 no Arroio Miracatu. O número 2 indica o polígono com eucalipto que pode ser visualizado no mapa de uso do ano de 2009.

Significativas parcelas de eucalipto foram identificadas na Bacia Hidrográfica do Arroio Caraguataí (Figura 61), no seu médio curso, em uma extensão de 702 ha que percorre as duas margens do rio, tendo a margem esquerda um porte mais desenvolvido (Figura 62 e 63), e a margem direita com pequenas porções de plantio recente na data da classificação da imagem (04/02/2009), que coincide com o trabalho de campo, onde ainda apresentavam porte reduzido, não sendo possível a classificação. Anterior ao eucalipto, a área era composta por campos naturais e somente nas várzeas, próximo a drenagem do Piraju, era cultivado o arroz.

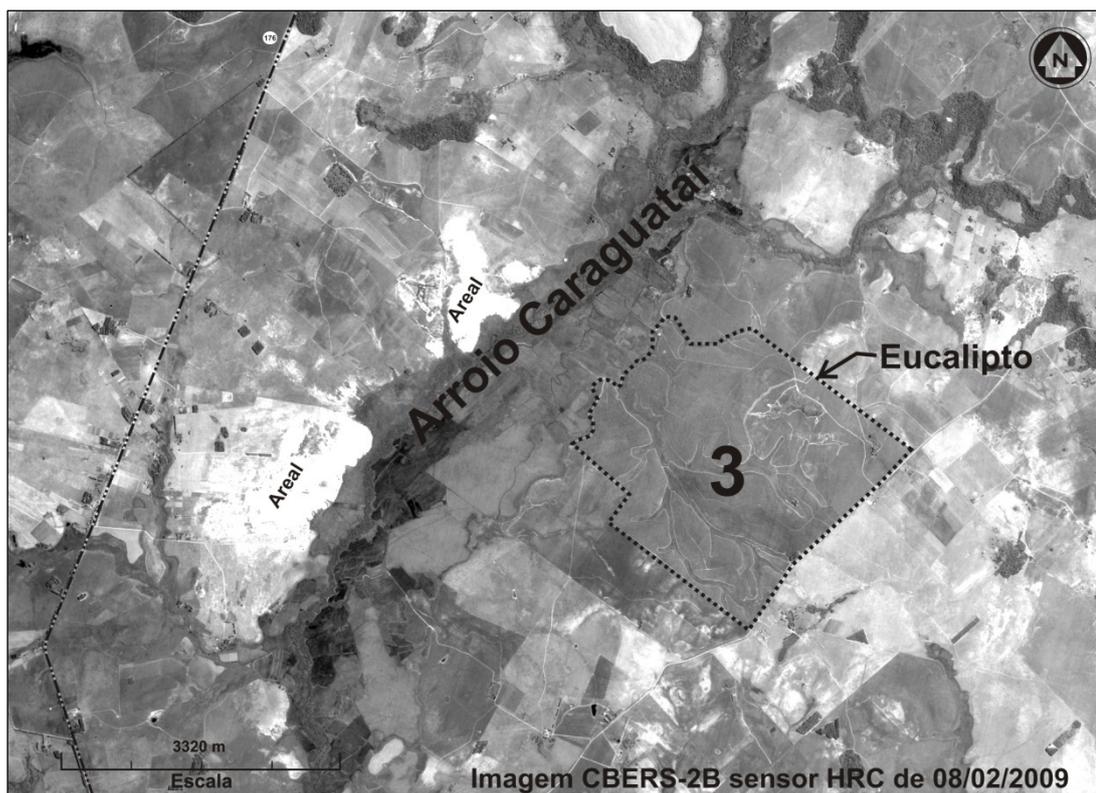


Figura 61: Imagem de satélite CBERS-2B com resolução de 2,5 metros identificando plantio de eucalipto em fevereiro de 2009 na margem esquerda do Arroio Caraguataí.



Figura 62: Fotografias mostrando a expansão da monocultura de eucaliptos nas duas margens do Arroio Caraguataí. Trabalho de campo, abril de 2009.



Figura 63: Fotografias identificando a extensa área de silvicultura na margem esquerda do Arroio Caraguataí.

Fonte: Trabalho de campo, julho de 2008.

Do mesmo modo, foram observadas plantações na margem esquerda do Arroio Piraju que perfazem uma área de 520 ha (Figura 64). Anteriormente a plantação de árvores exóticas, a área era utilizada como lavoura e pecuária.

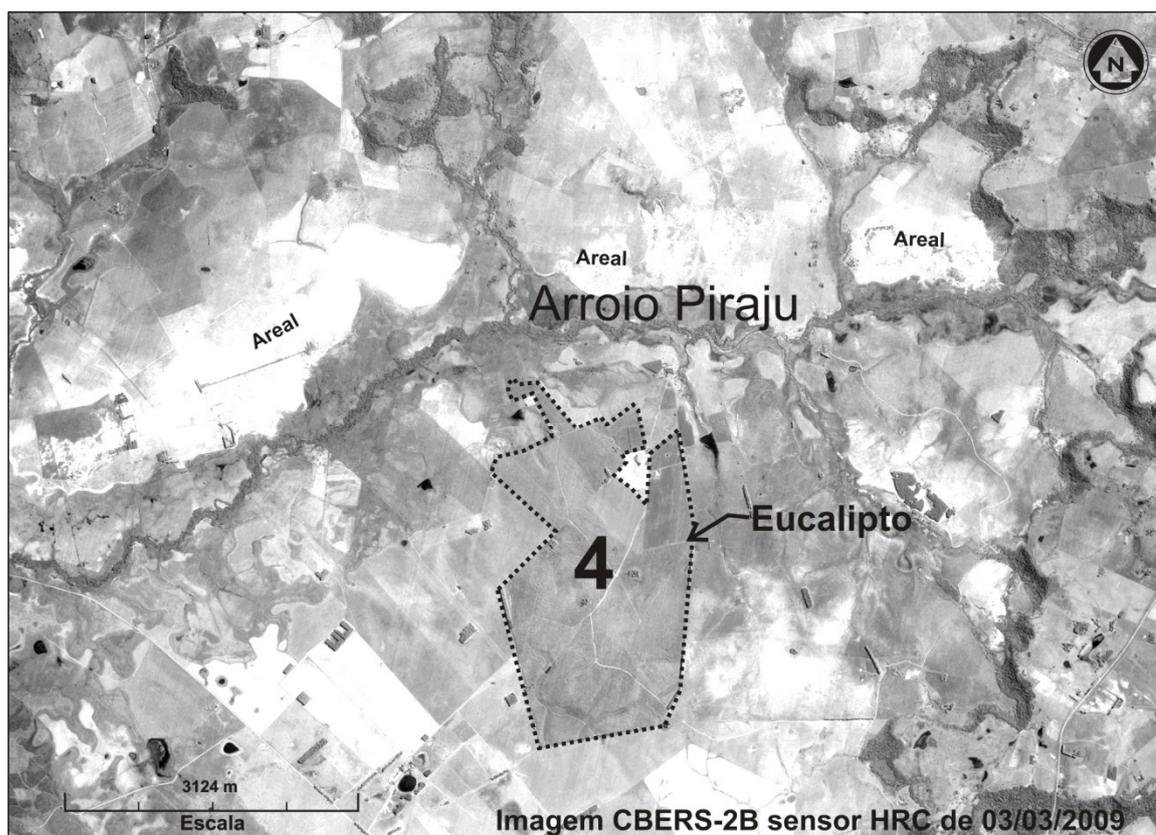


Figura 64: Imagem de satélite CBERS-2B com resolução de 2,5 metros identificando plantio de eucalipto em março de 2009 no Arroio Piraju. O número 4 indica o polígono com plantação de eucalipto que pode ser visualizado no mapa de uso do ano de 2009.

As monoculturas desenvolvidas nos últimos anos nos municípios de Manoel Viana e São Francisco de Assis (soja, arroz, trigo e eucalipto) ao contrário dos sistemas naturais objetivam maior lucro em áreas cada vez maiores, em curto prazo. O modelo da silvicultura vigente nestes municípios, e em grande parte do estado, não abona as outras monoculturas não arbóreas, que até o momento mostram-se tão ou mais degradantes.

A opinião compartilhada por vários pesquisadores é de que o modelo da agricultura moderna, apresentado pelo elevado uso de insumos e de água, é insustentável do ponto de vista ambiental.

No caso dos eucaliptos, o que se sabe com as culturas já desenvolvidas que após o corte é comumente utilizado o fogo para eliminar os restos de folhas e galhos, entretanto, não são eliminadas as raízes e a base dos troncos. Estes permanecem parcialmente imersos no solo, retardando a recuperação do solo, conforme pode ser observado na primeira foto da figura 65.



Figura 65: Fotografias mostrando retirada de eucalipto e plantação de *pinus* sobre areal.
Fonte: Trabalho de campo 2007 e 2008.

Pelos exemplos descritos, entende-se que a silvicultura ganha espaço no cenário de estudo, principalmente nos últimos dois anos. No entanto, surge a partir de intensas controvérsias, colocando de um lado interesses relacionados à arrecadação de impostos e a geração de empregos e de outro a preocupação ambiental com a biodiversidade do Bioma Pampa.³⁶ Na origem de todos esses

³⁶De acordo com os estudos do Departamento de Botânica da UFRGS (Pillar et. al, 2006), o número de espécies ocorrentes nos campos do Bioma Pampa ainda é indefinido; até o momento, há apenas estimativas, que giram em torno de 3000 espécies. Ocorre uma diversidade de matas ciliares, das formações rupestres e dos banhados, todos inseridos no ecossistema campestre.

conflitos está o interesse ou a necessidade do desenvolvimento de atividades econômicas.

7.2.4 Comparativo da evolução dos usos da terra no período 1990 a 2009

Ao comparar os mapas dos usos da terra dos anos de 1990, 2000 e 2009, com as informações de ocupação descritas para os municípios, é possível estabelecer as análises multitemporais deste período para a área de estudo, verificando a evolução das formas de usos com a expansão da ocupação humana no território, nestes últimos 20 anos.

O gráfico a seguir (Gráfico 20) apresenta um comparativo do período analisado.

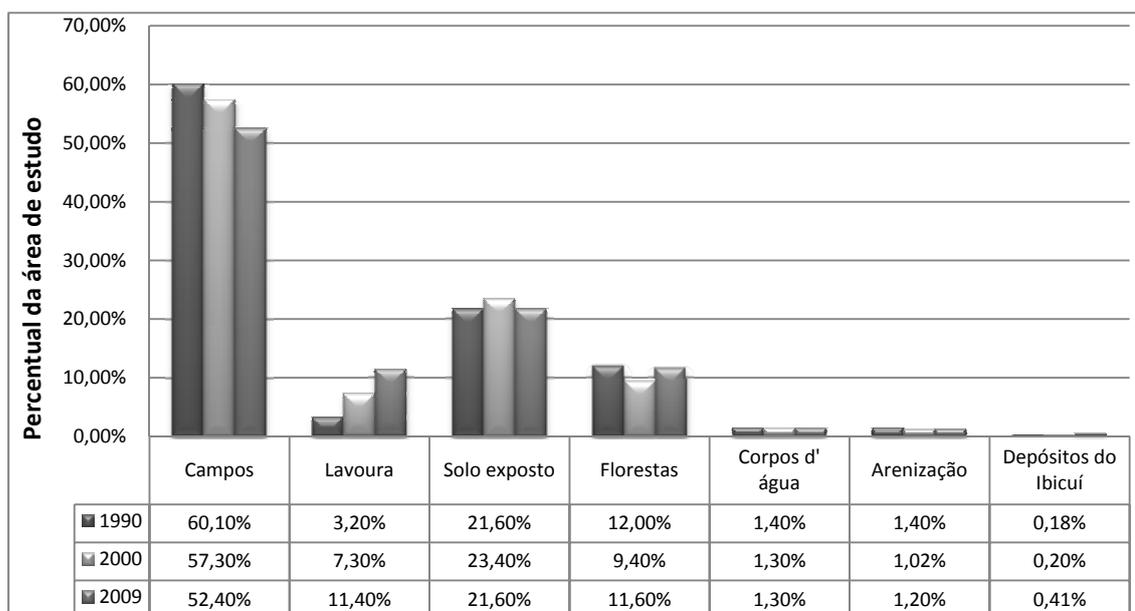


Gráfico 20: Comparativo do uso da terra e vegetação na área de estudo.

É visível a expansão das lavouras em detrimento aos campos, conforme já mencionado, tendo uma dimensão de área reduzida em torno de 11.600 ha de 1990 a 2009. Conforme se observa nos mapas de uso da terra, as lavouras que em 1990 se distribuíam mais nas proximidades do rio Ibicuí e apresentavam pequenos polígonos no mapa, passaram a apresentar atualmente expressivas áreas em todos os setores das bacias estudadas.

Com relação às matas e florestas, ocorreu uma significativa redução da mata ciliar nos 10 anos que compreendem 1990 a 2000, estando associada com a

expansão das lavouras em direção aos cursos fluviais. A perda fica em torno de 3.902 ha.

A redução do processo de arenização indicada nos mapas não representa, a *priori*, uma diminuição dos areais, mas de modo geral está associada à inserção de gramíneas e mais recentemente a plantação de pinus e eucaliptos.

Os depósitos do Rio Ibicuí, fruto do processo de erosão e deposição das margens e do extravasamento da calha fluvial, formam extensos bancos de areia e ilhas fluviais, facilmente identificados ao longo do rio, conforme se observa nos mapas. A dinâmica intensa destes depósitos caracteriza o assoreamento do rio Ibicuí e no período analisado apresentaram um aumento em torno de 346 ha³⁷.

A classe urbana compreende a área de uso intensivo, estruturada por edificações e sistema viário, e teve pequeno aumento durante o período analisado, associado ao êxodo rural.

7.2.5 A configuração do processo de ocupação e do uso da terra e a análise da vegetação

O processo de ocupação da região que comporta o recorte de estudo, conforme já mencionado, esteve baseado na distribuição de grandes propriedades e que mais recentemente com a ocupação das zonas mais íngremes, passou a apresentar nova configuração territorial, com o desenvolvimento de atividades diversificadas em pequenas propriedades.

As pequenas propriedades localizadas no quadrante norte da área de estudo, que englobam os municípios de Manoel Viana e São Francisco de Assis, desenvolvem culturas diversificadas e conforme mostra o mapa de uso e ocupação (Figura 68) extrapolam os limites dos distritos. De acordo com a EMATER as pequenas propriedades de famílias, localizadas a NE da área, em zonas do rebordo, pertencentes aos Distritos Sede, de Beluno, Vila Kramer e Boa Vista, em São Francisco de Assis, desenvolvem culturas para a subsistência (hortaliças, frutas, carnes, leite, batata, milho, feijão, mandioca, cana-de-açúcar, entre outros) e pequenas lavouras comerciais com plantio de grãos (feijão e milho) e fumo. As propriedades familiares localizadas nas áreas de campo no Distrito de Boa Vista desenvolvem além de lavouras de grãos a pecuária de corte (Figura 66).

³⁷ Sem considerar a variação da vazão do rio, levando em conta as diferenças em meses semelhantes, dentro do período analisado (1990, 2000 e 2009).



Figura 66: Usos desenvolvidos nas pequenas propriedades da área de estudo. (A) Lavoura desenvolvida em meio à vegetação ciliar em pequenas propriedades do Distrito de Boa Veja, em São Francisco de Assis. (B) Pecuária em pequenas propriedades a NE do Arroio Miracatu, em São Francisco de Assis.
Fonte: Trabalho de campo, julho de 2008 e abril de 2009.

No município de Manoel Viana, conforme mencionado anteriormente, tendo como base os dados do INCRA (2005), predomina áreas com grandes e médias propriedades, e isso pode ser observado no mapa de ocupação, onde foi identificada apenas uma área de pequenas propriedades no alto curso do Arroio Piraju, pertencente ao distrito Barragem do Itú, onde se localiza a Escola Municipal de 1º Grau Érico Veríssimo. Outro ponto importante de desenvolvimento da agricultura familiar é o assentamento localizado no município.

No Distrito de Piraju ocorre uma área de uso diversificado de minifúndios, que estão associados ao assentamento Santa Maria do Ibicuí³⁸. Esses minifúndios representam a nova configuração da ocupação e conseqüentemente nas atividades desenvolvidas, impondo nova dinâmica aos processos de desenvolvimento territorial do município de Manoel Viana. Criado no ano de 1999, o assentamento possui 6.600 ha e abriga atualmente em torno de 1000 pessoas, que abrangem a maior parte da população residente na área rural de Manoel Viana. O assentamento conta ainda com uma escola e um posto de saúde para emergências.

Pelas análises e visualização dos solos, pode-se aferir que o assentamento encontra-se em solos bastante fragilizados, resultantes da alteração dos arenitos. A coleta de solo nas áreas de colinas do assentamento (ver ponto 20 da Figura 30) indica um solo com textura franco arenosa, classificado como *Latossolo arenoso*.

³⁸ O assentamento foi criado pelo INCRA e é atendido pela Cooperativa de técnicos ligada ao MST (COPTec).

Por compreender além das colinas arenosas, algumas porções das várzeas do Ibicuí, os solos acabam apresentando variações importantes para o desenvolvimento agrícola, sendo que a própria divisão dos lotes acabou seguindo a tendência de melhor produtividade.

Os lotes nas zonas de solos mais favoráveis compreendem entre 20 e 25 ha³⁹, nas áreas de várzea do Arroio Piraju e Ibicuí, as parcelas chegam a apresentar 26 ha, sendo oito hectares nas colinas e o restante na planície aluvial. Nas zonas mais arenosas os lotes podem chegar a 40 hectares.

Esta distribuição esteve baseada em estudo realizado pelo INCRA, no qual foram definidas áreas próprias para cultivos anuais e para cultivos perenes de acordo com as restrições dos solos, conforme indicado no quadro abaixo (Quadro 7).

Solos próprios para cultivos anuais			
Classes	Área (ha)	Restrições dos solos	Culturas
III sd	969,15	Baixa fert., má drenagem,	Pastagens, grãos
III se	1.165.93	Baixa fert., arenoso, erodível, permeável	Grãos, pastagem, etc.
IV s	216.76	Baixa fert., retenção superficial de água e coesão, fortemente susceptível a erosão.	Pastagens anuais, grãos, etc.
IV se	654.76	Limit. de fertil., baixa retenção, facilmente erodível.	Pastagens perenes/anuais
Solos próprios para cultivos perenes			
Classes	Área (ha)	Restrições dos solos	Culturas
V d	1.100,00	Drenagem não estab. em toda a área. Só p/ arroz	Arroz
Vd(lvsd)	756,31	Inundações freq, das encostas, má drenagem.	Pastagem, Silvicultura, Grãos
VI se	1.038.09	Baixa fert., retenção superficial de água e coesão, muito arenosos e permeáveis.	Silvi., Fruticultura, Pastagens perenes, anuais e grãos

Quadro 7: Identificação das restrições dos solos para divisão dos lotes no assentamento realizado pelo INCRA. Fonte: Hurtado, 2000.

Mesmo apresentando impedimentos na condição dos solos, a produção do assentamento é bem diversificada, tendo destaque os cultivos de milho, abóbora, forragem, batata, mandioca, melancia e feijão que são produzidos nas colinas. Nas várzeas são plantadas lavouras de arroz através de sistemas de arrendamento, realizado por cooperativas não ligadas ao assentamento (Figura 67b).

³⁹A distribuição do módulo fiscal de Manoel Viana corresponde a 35 ha. O minifúndio é representado pelos imóveis com dimensão de área inferior a 35 ha.



Figura 67: Usos desenvolvidos no município de São Francisco de Assis e Manoel Viana. (A) Lavoura de milho desenvolvida em pequena propriedade do Distrito de Boa Vista em São Francisco de Assis. (B) Várzea usada para plantação de arroz no Assentamento em Manoel Viana.

Fonte: Trabalho de campo, julho de 2008 e abril de 2009.

O assentamento ganha representatividade com a produção de leite, que é a principal atividade econômica da agricultura familiar. De acordo com o Ministério do Desenvolvimento Agrário (2008) a cada três dias a Cooperativa dos Assentados da Reforma Agrária de Manoel Viana (COMAV), pertencente ao Assentamento Santa Maria do Ibicuí, entrega 10 mil litros de leite à Elegê Alimentos S.A. A produção desse leite é feita por 120 famílias de agricultores que fornecem o produto à cooperativa, que por sua vez realiza o repasse à indústria de lácteos do Rio Grande do Sul.

Isso demonstra que a agricultura familiar vem ganhando importante destaque na economia do município e dinamizando a produção, ainda que de forma lenta e pontual.

Por outro lado, as médias e grandes propriedades ainda se configuram importantes no cenário agrícola, quando se trata de mecanização e comercialização dos produtos. Na área de estudo, as lavouras predominam nos distritos pertencentes a Manoel Viana, sendo que em São Francisco de Assis a maior parte das lavouras encontra-se no 2º Distrito, que não faz parte da pesquisa. Nas médias e grandes propriedades⁴⁰ dos distritos de Manoel Viana, as lavouras de soja, trigo e milho, são intensificadas nas áreas das colinas arenosas da Depressão Periférica e nas várzeas do Ibicuí, do Piraju e Caraguataí é cultivado o arroz. Acima das escarpas vegetadas é visível a concentração dos campos com pecuária (Figura 68).

⁴⁰ Nas médias e grandes propriedades o cultivo é feito por proprietários ou arrendatários.

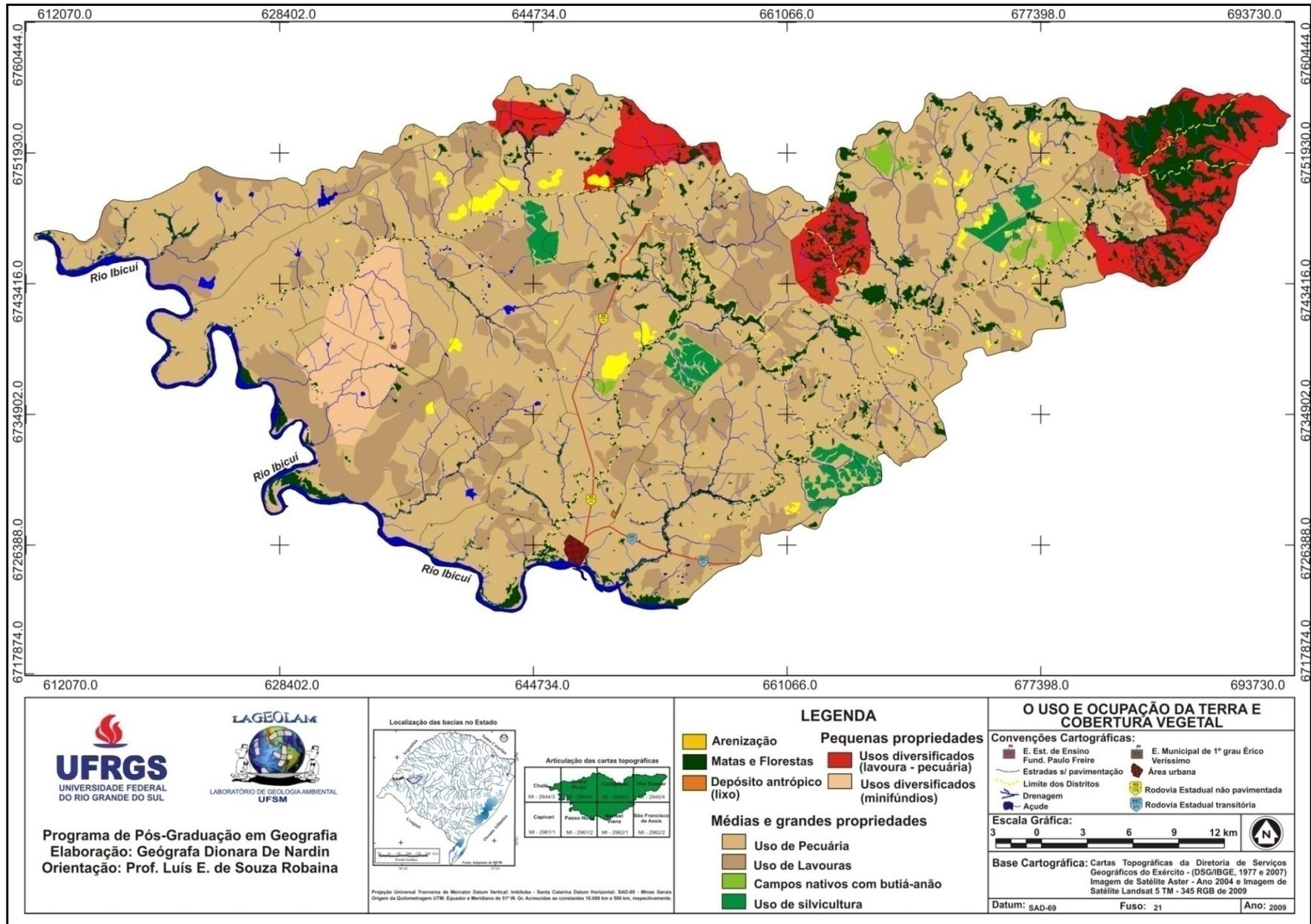


Figura 68: Mapa dos usos e ocupação da terra e cobertura vegetal da área de estudo.

7.2.5.1 Análise da Vegetação

Na área de estudo ocorre uma vegetação predominantemente campestre, constituída, em geral, por gramíneas e algumas herbáceas. Conforme identificado nos usos da terra, é comum também a presença de vegetação arbórea e arbustiva em determinadas condições de relevo e umidade.

A paisagem atual da Depressão Periférica e do Planalto é descrita por Verdum (2004) como tendo um potencial climático capaz de permitir o desenvolvimento natural de florestas, e sobre a existência de outras formações vegetais como os campos, acrescenta que:

(...) visualiza-se uma paisagem e uma dinâmica do meio que não necessariamente correspondem à ação direta do clima. Isto nos leva a interrogar sobre a possibilidade de outros inibidores potenciais capazes de contribuir para o desequilíbrio deste meio, assim como possíveis intervenções provocadas pela sucessão de sociedades humanas na história da ocupação desta paisagem (Verdum, 2004, p. 39).

Estas características da associação de campos com vegetação arbórea visíveis nas análises *in loco*, já vinham sendo descritas por antigos viajantes naturalistas que percorreram o território gaúcho. Lindman (1906) *apud* Marchiori (2004) foi um desses autores que reconheceu que os campos desta região nunca se apresentam completamente destituídos de árvores. “Seria certamente difícil encontrar uma só milha quadrada em que não entrasse na paisagem um grupo de árvores ou uma parte florestal.

Nas palavras de Schulze-Hofer e Marchiori (2009), no Rio Grande do Sul, mais do que aspectos edáficos ou do clima atual, a explicação para a coexistência e o limite brusco entre florestas e campos⁴¹ deve ser buscada na biologia das plantas representativas dos respectivos biomas e suas vinculações com o relevo: florestas em áreas de relevo mais movimentado, campos em locais mais planos ou de relevo suavemente ondulado.

Para o autor, a vegetação silvática da região, restringe-se, praticamente, à certas encostas dos chapadões de arenito, sobretudo ao norte do Ibicuí, bem como nas faixas que acompanham os principais cursos d’água, tratando-se nos dois casos, de habitats favorecidos por um suprimento mais regular de água.

⁴¹Para Marchiori florestas e campos representam formações de climas nitidamente opostos: a primeira corresponde a climas úmidos, enquanto os campos a zonas relativamente secas (MARCHIORI, p. 15, 2004).

Tendo por base as distintas tipologias da vegetação nativa apresentadas por Alves (2008), que em alguns pontos se assemelham com a área de estudo pela proximidade das análises, foram definidas e caracterizadas as seguintes tipologias para a área de estudo:

7.2.5.1.1 Campos

7.2.5.1.1.1 Campos em Colinas de arenito

A vegetação campestre representa a tipologia mais abundante da área, estando amplamente associadas às colinas de arenito. A composição da flora destes campos é formada essencialmente por gramíneas, compreendendo diversas espécies (Figura 69).

Verdum (1997), em sua tese de doutorado, identifica as gramíneas predominantes nas pastagens dos municípios de São Francisco de Assis e Manoel Viana, relacionando-as com as condições do meio e o interesse na alimentação do gado. Entre elas destacam-se aquelas pertencentes às colinas arenosas: Barba-de-bode (*Aristida flácida*, nas áreas pedregosas dos Campos Limpos, não expostas à umidade temporária), Barba-de-bode alta (*Aristida laevis*, nos solos arenosos dos Campos Limpos), Capim limão (*Elyonurus cadíus*, nos solos arenosos), e por fim, Capim rabo-de-burro (*Schizachyrium microstchyum*).



Figura 69: Fotografias mostrando a ocorrência dos campos com barba-de-bode (*Aristida flácida*) em colinas de arenito.

Fonte: Trabalho de campo, abril de 2009.

Associada à vegetação campestre, são registradas também nanofanerófitas, conhecidas como um grupo das fanerófitas que incluem sub-arbustos e arbustos

(Figura 70), como as guavirovas-do-campo (*Campomanesia aurea*), as pitangas-do-campo (*Eugenia arenosa*), os araçás-do-campo (*Psidium incanum*).



Figura 70: Registro da ocorrência de Pitanga-do-campo (*Eugenia arenosa*), nanofanerófita comum nos campos em colinas de arenito.

Fonte: Trabalho de campo, abril de 2009.

Outro caso especial que ocorrem em meio à vegetação campestre das colinas arenosas é o curupi (*Sapium haematospermum*). De forma isolada, associados a blocos de rochas de cornijas e morrotes, ou, e na maioria das vezes, dispersos de forma linear a partir das cercas que dividem as propriedades, os curupis parecem estar associados apenas aos substratos areníticos de origem fluvial e eólica (Figura 71).

Em estudos detalhados de correlação entre vegetação e meio físico, Alves (2008) indica que esta fanerófita pode ser considerada uma espécie “geo-indicadora” de substrato rochoso, pois em 100% dos casos analisados pelo autor em uma bacia hidrográfica pertencente ao município de Alegrete, foi constatado que o curupi cresce em campos com substrato constituído por rochas areníticas dos tipos fluvial, eólico e até mesmo intertrápico.



Figura 71: Ocorrência de curupis (*Sapium haematospermum*) vinculados a blocos de rocha arenítica eólica e dispersos pela cerca das propriedades rurais.

Fonte: Trabalho de campo, julho de 2008.

A vegetação nos campos de colinas arenosas em processo de arenização também se mostra representativa dentro das análises em escala mais abrangente. Observam-se as gramíneas como dominante nos campos com predisposição à arenização, e de acordo com Marchiori (1995) em menor intensidade ocorrem espécies de ervas e arbustos pertencentes às famílias das compostas, mirtáceas, leguminosas, verbenáceas, euforbiáceas, labiadas e ciperáceas.

Constatações importantes de estudos específicos realizado por Freitas (2006), que comprovam a elevada biodiversidade de espécies em zonas com areais e arredores no município de São Francisco de Assis, a qual aponta a ocorrência superior a 150 espécies distribuídas em 46 famílias botânicas, numa área de aproximadamente 12 ha.

7.2.5.1.1.1 Campos com butiá-anão

Uma das plantas mais peculiares das coxilhas arenosas de São Francisco de Assis e Manoel Viana é o butiazeiro-anão (*Butia lallemantii*)⁴², que apresenta uma distribuição descontínua, mas sempre em estreita dependência com as características do solo (Figura 72). Na área de estudo foram mapeadas três grandes ocorrências de butiazeiro-anão, que podem ser localizadas na figura 68. É comum ainda, a ocorrência do butiazeiro de forma isolada, nas encostas dos cerros e

⁴²Espécie anteriormente citada como *Butia paraguayensis*, atualmente foi alterada pelos estudos de Deble e Marchiori (2006), com a publicação "*Butia lallemantii*, uma nova Arecaceae do Brasil".

cornijas, e mais raramente, devido ao desenvolvimento de lavouras, é encontrado de forma isolada no campo.



Figura 72: Ocorrência de butiá-anão (*Butia lallemantii*) nas colinas arenosas.
Fonte: Trabalho de campo, julho de 2008 e abril de 2009.

7.2.5.1.1.2 Campos em Colinas de rochas vulcânicas

A formação campestre das colinas apresenta uma densa vegetação-gramínea herbácea rasteira, com espécies características: o capim-caninha (*Andropogon lateralis*); a grama-forquilha (*Paspalum notatum*) que ocorrem de acordo com Verdum (1997) nos solos de textura areno-argilosa (Figura 73).



Figura 73: Fotografias mostrando a ocorrência dos campos com o capim-caninha (*Andropogon lateralis*) e a grama-forquilha (*Paspalum notatum*) em colinas de rochas vulcânicas.
Fonte: Trabalho de campo, abril de 2009.

Nos campos de colinas da área de estudo é comum a presença do elemento fanerofítico, representado pelo espinilho (*Acacia caven*) (Figura 74).



Figura 74: Fotografia mostrando a distribuição de espinilhos (*Acacia caven*) nos campos de colinas formada por rochas vulcânicas.

Fonte: Trabalho de campo, abril de 2009.

7.2.5.1.2 Vegetação das Cornijas e Morrotes de Arenito

Nas cornijas e morrotes de arenito fluvial e eólico é comum a ocorrência de vegetação entre os blocos de rochas, formada, em geral, de acordo com Alves (2008) por inúmeras microfanerófitas xerófilas e cactáceas.

A espécie mais característica é a criúva (*Agarista eucalyptoides*) (Figura 75), associada ao jasmim-catavento (*Tabernaemontana catharinensis*), ao tarumã-preto (*Vitex megapotamica*). Em associação ocorre à aroeira-brava (*Lithraea molleoides*), a mamica-de-cadela (*Zanthoxylum rhoifolium*), o camboatá-vermelho (*Cupania vernalis*), a pitangueira (*Eugenia uniflora*), o angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida*), o branquilha (*Sebastiania commersoniana*), a garupá (*Aloysia gratissima*), o gravatá (*Bromelia balansae*), a unha-de-gato (*Acacia bonariensis*), açoita-cavalo (*Luehea divaricata*), e a taleira (*Celtis iguanea*).

Dentre as suculentas, destacam-se a tuna (*Cereus hildmannianus*), a arumbeva (*Opuntia Arechavaletai*), a tuna-bola (*Echinocactus muricatus*).



Figura 75: Fotografia destacando a ocorrência de criúva (*Agarista eucalyptoides*) em associação com tunas nas cornijas de arenito.

Fonte: Trabalho de campo, abril de 2009.

Os morrotes de arenito apresentam uma vegetação bem característica, em geral representada por espécies endêmicas e de acordo com Alves (2008), os topos e as encostas dos morrotes, em geral apresentam diferenças na distribuição da vegetação. As encostas formadas, na maioria das vezes, por depósitos de tálus apresentam, sob o ponto de vista fisionômico: a criúva (*Agarista eucalyptoides*), o jasmim-catavento (*Tabernaemontana catharinensis*) (Figura 76), o curupi (*Sapium haemospermum*), a tuna (*Cereus hildmannianus*), o tarumã-preto (*Vitex megapotamica*), a figueira-do-mato (*Ficus luschnathiana*), a pixirica (*Miconia hyemalis*), o chá-de-bugre (*Casearia sylvestris*) as guavirovas-do-campo (*Campomanesia aurea*), as pitangas-do-campo (*Eugenia arenosa*), os araçás-do-campo (*Psidium incanum*) e o pessegueiro-do-campo (*Hexachlamys humilis*).

Além destas espécies, também são encontradas outras espécies dentro desta tipologia, quando os morrotes encontram-se próximos as drenagens, espécies acabam invadindo os morrotes como o coqueiro-gerivá (*Syagrus romanzoffiana*). Outras espécies também são encontradas como o butiá-anão (*Butia lallemantii*) e a aroeira-brava (*Lithraea molleoides*).

No topo dos morrotes a vegetação costuma ser escassa e apresentar espécies de menor porte. Entre as várias espécies encontradas cita-se as Leguminosas (*Mimosa cruenta*), Amarantáceas (*Froelichia tomentosa*), Asclepiadáceas (*Oxypetalum campestre*), Asteráceas (*Achyrocline marchiorii*).



Figura 76: Fotografia registrando um exemplar de butiá-anão (*Butia lallemantii*) e tuna (*Cereus hildmannianus*) e a esquerda exemplar de jasmim-catavento (*Tabernaemontana catharinensis*) em morrote de arenito.

Fonte: Trabalho de campo, abril de 2009.

7.2.5.1.3 Floresta de Galeria (Mata ciliar)

Esta tipologia florestal ocorre associada com as drenagens dos principais arroios e do Rio Ibicuí, formando uma faixa longitudinal contínua que em alguns pontos é interrompida por lavouras que chegam próximas aos canais.

Junto aos cursos d' água aparece espécies adaptadas como o sarandi (*Sebastiania schottiana*), que pode ocorrer associado com o sarandi-vermelho (*Phyllanthus sellowianus*), o sarandi-mata-olho (*Pouteria salicifolia*), o angiquinho (*Calliandra tweedii*) e o salseiro (*Salix humboldtiana*). No interior deste conjunto florestal as espécies mais características são representadas pelo coqueiro-gerivá (*Syagrus romanzoffiana*), o branquilha (*Sebastiania commersoniana*), o branquilha leiteiro (*Sebastiania brasiliensis*), a corticeira-do-banhado (*Erythrina cristagalli*), a murta (*Blepharocalyx salicifolius*), a pitangueira (*Eugenia uniflora*), o pessegueiro-bravo (*Prunus myrtifolia*), o camboatá-branco (*Matayba elaeagnoides*), o camboatá-vermelho (*Cupania vernalis*), o tarumã-preto (*Vitex megapotamica*), o angico-vermelho (*Parapiptadenia rígida*), o açoita-cavalo (*Lueha divaricata*) e a corticeira-do-banhado (*Erythrina cristagalli*).

Em algumas porções da área de estudo é visível a conexão da floresta de galeria com a vegetação de cornijas ou de morrotes de arenito (Figura 77).



Figura 77: Fotografia registrando a ocorrência de gerivás (*Syagrus romanzoffiana*) em morrote de arenito resultante da conexão com a mata ciliar. À esquerda fotografia mostrando a mata ciliar ao longo do Rio Ibicuí.

Fonte: Trabalho de campo, abril de 2009.

7.2.5.1.4 Capões de mato

A tipologia de capões de mato representa porções florestais que formam pequenos núcleos em meio à vegetação campestre, apresentando segundo as contribuições de Alves (2008) uma composição florística muito semelhante à floresta de galeria, geralmente associados a drenagens de primeira ou segunda ordem, em locais de declividades acentuadas e ou amplitudes relativamente elevadas. Esta constatação parece se adequar para área de estudo (Figura 78).

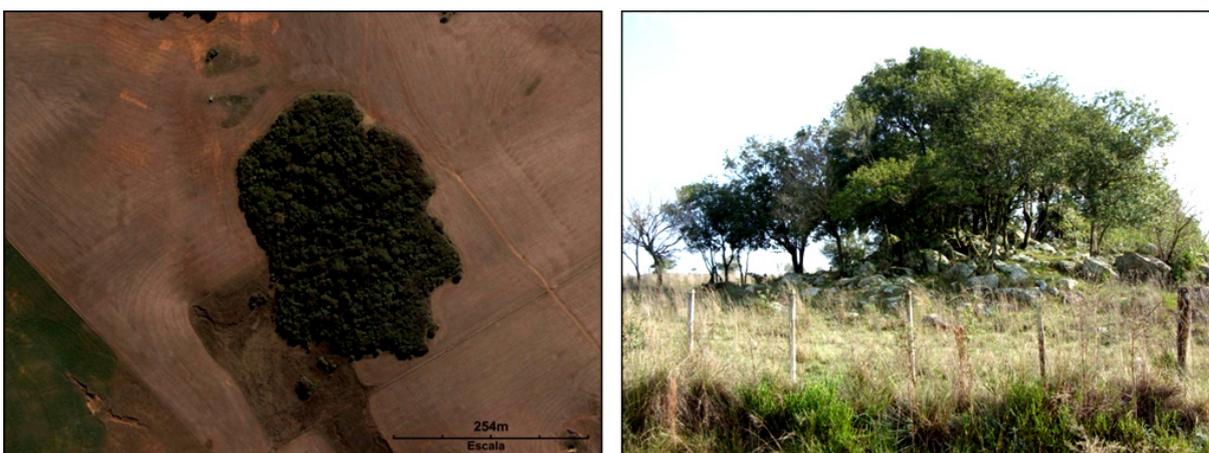


Figura 78: Capão de mato associado com as drenagens de primeira ordem. À esquerda fotografia indicando pequeno capão em associação com blocos de rochas.

Fonte: Trabalho de campo, abril de 2009.

7.2.5.1.5 Floresta de Escarpas “Paredões” e Morrotes de vulcânicas

A vegetação presente nas escarpas do Rebordo configura uma nítida faixa longitudinal identificada como “Paredão” que divide os compartimentos do Planalto e da Depressão. Os paredões representam zonas com uma tipologia de vegetação de maior porte, devido às condições de sombreamento e umidade. A vegetação dos morrotes de vulcânica apresenta semelhanças na composição florística com os paredões das escarpas em alguns casos encontram-se associados à rede de drenagem.

Ao norte do Arroio Miracatu a faixa de paredão ocorre de forma extensa e homogênea com uma florística mais diversificada devido às contribuições da Floresta Estacional Decidual. Nestes locais se desenvolvem espécies como aroeira-brava (*Lithraea molleoides*), aroeira-folha-de-salço (*Schinus molle*) (Figura 79), pau-ferro (*Astronium balansae*) (Figura 80), branquilho (*Sebastiania commersoniana*), camboatá-vermelho (*Cupania vernalis*), a pitangueira (*Eugenia uniflora*), a timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*), carvalhinho (*Casearia silvestris*), canela-de-veado (*Helietta apiculata*), ariticum (*Rollinia emarginata*, *Rollinia salicifolia*), mamica-de-cadela (*Zanthoxylum rhoifolium*), espinilho (*Acacia caven*), açoita-cavalo (*Luehea divaricata*), murta (*Blepharocalyx salicifolius*) e gravatá (*Bromelia balansae*).



Figura 79: Exemplo de vegetação formando paredão no alto curso do Arroio Miracatu com caso típico de aroeira-folha-de-salço (*Schinus molle*).

Fonte: Trabalho de campo, abril de 2009.

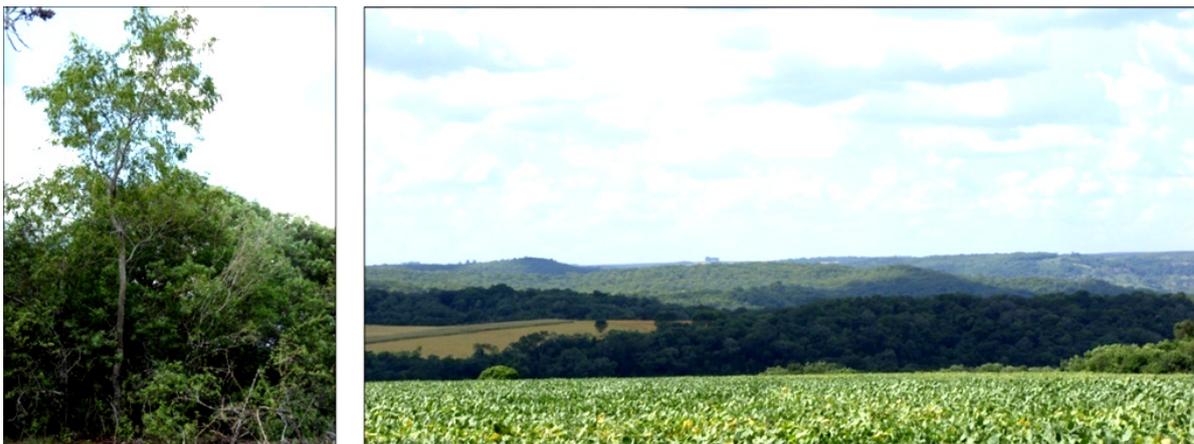


Figura 80: Exemplo de vegetação formando paredão no alto curso do Arroio Miracatu com exemplar de pau-ferro (*Astronium balansae*).

Fonte: Trabalho de campo, abril de 2009.

As escarpas formam uma faixa sudeste-noroeste, bem marcada no alto curso do Arroio Caraguataí, mas aparecendo de forma contínua em toda a área. Nas escarpas e nos morrotes se desenvolvem diversas espécies, entre as quais se destaca a primavera (*Brunfelsia pauciflora*), a pitangueira (*Eugenia uniflora*), o gravatá (*Bromelia balansae*), o ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*), o araticum-folha-de-salço (*Annona neosalicifolia*) e o araticum-quaresma (*Annona emarginata*), chá-de-bugre (*Casearia sylvestris*), chal-chal (*Allophylus edulis*), o tarumã-preto (*Vitex megapotamica*), o camboatá-branco (*Matayba elaeagnoides*), o branquilha (*Sebastiania commersoniana*), a guajuvira (*Cordia americana*), a canela-preta (*Nectandra megapotamica*), canela-de-veado (*Helietta apiculata*), o garupá (*Aloysia gratissima*) e a timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*).

8. ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL: AS POTENCIALIDADES E FRAGILIDADES DAS PAISAGENS

*Por isso cantando eu peço...
Não deixem morrer o meu rio
Não quero um pampa vazio
É a vida que nos emana
Quero dourado nas águas
Os lambaris saltitando
E um sol radiante espelhando
Na ponte de Manoel Viana
Nessas águas do Ibicuí – Jean Presser*

A avaliação das potencialidades oferecida através da pesquisa dos elementos físicos da área de estudo, frente às atividades sociais desenvolvidas pela ocupação do meio, somada às fragilidades naturais, servem de base para a identificação do zoneamento geoambiental.

Este capítulo tem por objetivo indicar o zoneamento geoambiental através da delimitação das unidades de paisagem, que são tratadas quanto as suas potencialidades e limitações, permitindo a compreensão de como os processos de dinâmica superficial, a partir da interferência humana, contribuem para as alterações da paisagem.

8.1. Zoneamento Geoambiental: Compartimentação dos sistemas e das unidades de paisagem

O zoneamento geoambiental da área de estudo representa a síntese de todos os levantamentos realizados e o comportamento da paisagem frente aos processos superficiais e antrópicos. De modo geral, as zonas identificadas são caracterizadas por aspectos como: disponibilidade hídrica, de infra-estrutura básica, de vegetação e espécies endêmicas, solos e fragilidades relacionadas aos processos erosivos, principais tipos de usos, a degradação da vegetação, entre outros.

As características da área de estudo permitiram a identificação de seis Sistemas e nove Unidades com características semelhantes (Figura 81), que são descritas a seguir:

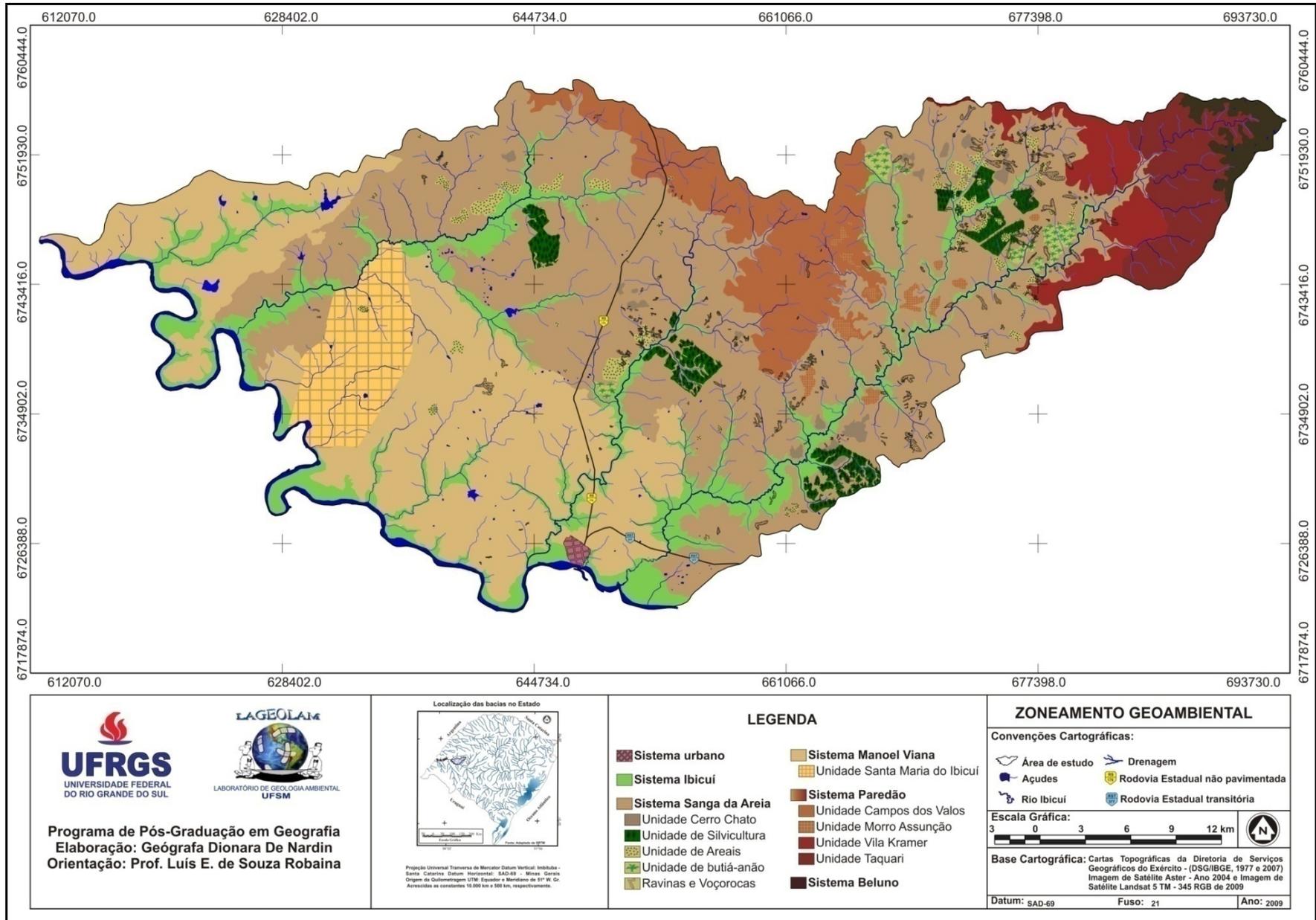


Figura 81: Zoneamento Geoambiental da área de estudo.

8.1.2 Sistema Urbano

O sistema urbano representa o limite de uso urbano de Manoel Viana, que é formado por seis bairros identificados no mapa (Figura 82) como Bairro Vila Nova, Centro, Cidade Baixa, Progresso, Navegantes e Restinga. Com uma área atual de 220,3 ha e localizada nas margens do Rio Ibicuí, a cidade de Manoel Viana está assentada sobre substrato de rocha vulcânica, solos argilosos e rasos e solos hidromórficos nas proximidades do Ibicuí.

As características das ocupações são homogêneas, com construções baixas e o predomínio de áreas residenciais, mesmo na zona central. Por sua emancipação recente, apresenta limitações de infra-estrutura e saneamento básico, tendo como principal conflito ambiental a contaminação das águas do Rio Ibicuí devido o lançamento de esgotos.

Outros impactos do sistema urbano nas características naturais e na fisiologia da paisagem são visíveis como, por exemplo, as alterações na drenagem a leste da cidade, onde avançam as construções; a impermeabilização nas margens do Ibicuí; a construção de aterros para os terrenos; a geração de resíduos sólidos sem uma adequada área de descarte e a própria instauração das vias de acesso, entre outros problemas fruto da ocupação humana.

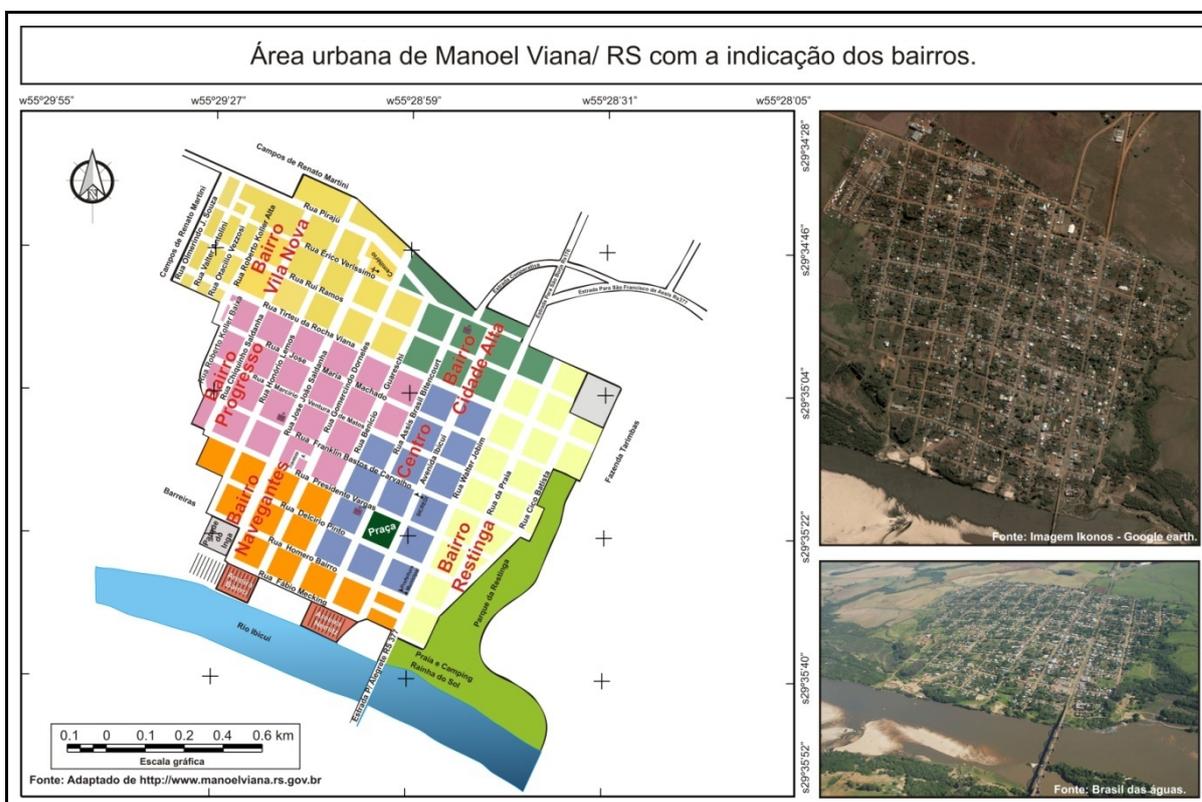


Figura 82: Área urbana de Manoel Viana com localização dos bairros.

8.1.2 Sistema do Ibicuí

Neste sistema ocorrem os depósitos recentes, localizados próximos ao canal principal dos arroios e aos seus afluentes, que possibilitam o desenvolvimento, nestas várzeas, de solos mal drenados chamados de hidromórficos.

A faixa próxima à área de acumulação do Rio Ibicuí também pertence a este sistema e onde se desenvolvem os planossolos, que são solos mal drenados e ocorrem associados a substratos de arenitos e rochas vulcânicas. Também, ocorrem associados às áreas de deposição, solos novos muito quartzosos, denominados Neossolos Quartzarênicos.

Ao longo dos canais principais e do Rio Ibicuí se desenvolvem uma mata ciliar em forma de faixas, onde as espécies mais características são o sarandi (*Sebastiania schottiana*), o coqueiro-gerivá (*Syagrus romanzoffiana*), o branquilha (*Sebastiania commersoniana*), a pitangueira (*Eugenia uniflora*), o camboatá-branco (*Matayba elaeagnoides*) e a aroeira-cinzenta (*Schinus molle*).

Com relação ao relevo, estas áreas são definidas como rampas e apresentam declividades menores que 5%, caracterizadas por uma topografia plana e altitudes podendo atingir 200 metros no alto curso dos arroios.

A principal atividade desenvolvida é o cultivo de arroz, que se associa à disponibilidade hídrica e potencialidade do solo. Grandes áreas alagadas, onde antes havia banhados, foram drenadas para o plantio de arroz.

A maior fragilidade deste sistema está associada aos banhados e à mata ciliar, que vem sendo retirada nas últimas décadas, dando lugar para o desenvolvimento da agricultura. A vegetação arbórea mantém-se, dentro das áreas de proteção exigidas pela legislação ambiental, apenas em algumas faixas no canal principal dos arroios e ao longo do Rio Ibicuí.

A área onde ocorre maior quantidade de vegetação arbórea está relacionada com o substrato, ou seja, nas porções do alto curso dos arroios, locais onde se desenvolvem solos mais profundos, resultantes da alteração das rochas vulcânicas, a vegetação é expressivamente visível. Os maiores problemas associam-se as áreas onde ocorre a maior quantidade de processos erosivos, na porção noroeste do Arroio Miracatu, onde as drenagens não apresentam mata ciliar.

8.1.3 Sistema Sanga da Areia

Este sistema apresenta as áreas de maiores fragilidades, onde predominam litologias friáveis da Formação Guará, que pela fácil desagregação condicionam a formação de feições erosivas de grandes extensões. A compartimentação deste sistema tem como exemplo característico a Sanga da Areia, afluente do Arroio Miracatu e por apresentar características semelhantes no Arroio Caraguataí e Piraju, este compartimento foi estendido ao longo destas bacias hidrográficas.

Neste sistema as colinas de arenito fluvial ocorrem associadas a intensos processos erosivos demonstrando que são as litologias mais friáveis da área e desagregam facilmente. No relevo de colinas arenosas côncavo-convexas predominam os solos espessos, profundos, arenosos e friáveis, com pouco material ligante, desenvolvidos sobre substrato de arenitos, sendo classificados como latossolos arenosos em declividades variadas em que predominam inclinações de 5 a 15 %. Em algumas porções mais próximas da rocha os solos são rasos.

A baixa densidade de drenagem que ocorre na Sanga da Areia associa-se a intensa fragilidade das litologias areníticas, marcadas por grande quantidade de voçorocas nas cabeceiras de drenagem.

As elevadas precipitações vão afetar os sistemas geoambientais mais fragilizados, como o Sistema Sanga da Areia. As condições climáticas da área de estudo, já apresentadas anteriormente, demonstram que as precipitações médias anuais são de 1739 mm, marcando uma região com grande contribuição das chuvas, que acabam sendo os agentes erosivos mais importantes.

É indiscutível a associação das precipitações com os processos erosivos, isto acontece, uma vez que nas atuais condições de clima úmido, ocorre um retrabalhamento das rochas areníticas das colinas, cornijas e dos morrotes, que apresentam material mais resistente devido uma capa de óxido de ferro e manganês.

Portanto, a precipitação é o principal agente erosivo, para a esculturação dessas feições, e, além disso, condiciona o escoamento superficial e subterrâneo, a compactação do solo através das gotas da chuva e em outros casos à desagregação das camadas do solo.

O processo de erosão hídrica inicia devido à intensidade das gotas da chuva, que ocasionam a desagregação das partículas de solo. Quando este se encontra

encharcado e sem condições de infiltração, as águas tendem a se concentrar em leitos, possuindo maior capacidade de erodir verticalmente, o que acaba evidenciando marcas de ravinas e voçorocas.

Considera-se também que, como fator climático importante, os ventos são bastante significativos na morfodinâmica da área de estudo.

É visível a intensa fragilidade que ocorre nesta bacia, manifestando as maiores preocupações de uso presentes na área de estudo, de modo que o conjunto deste sistema com características semelhantes pode vir a apresentar alterações semelhantes à Sanga da areia se os usos não forem condizentes com a fragilidade desta paisagem. Quanto ao uso, ainda predominam os campos com atividade pecuária, com vastas áreas sendo utilizada para a agricultura e atualmente a silvicultura.

Com relação à vegetação, esse sistema é composto por formações campestres, capões de mato, eucaliptos e mata ciliar ao longo dos arroios, além de butiás-anãos nas colinas arenosas.

A diversidade presente neste sistema permitiu a distribuição de quatro unidades com características semelhantes de usos, vegetação, solos, geomorfologia e processos de dinâmica superficial.

8.1.3.1 Unidade Cerro Chato

Esta unidade contempla os morrotes de arenito que ocorrem associados às áreas de litologias fluviais de alta coesão com afloramento de rochas. Estes morrotes representam uma topografia típica da região, com topos planos e encostas íngremes com vertentes retilíneas e vegetação mais abundante nas escarpas.

As declividades nas encostas dos morrotes são superiores a 15%, e os topos são planos. O morrote de maior altitude possui 277 metros e ocorre nas proximidades da Sanga da Areia.

Nesta unidade os solos são rasos, classificados como Cambissolos associados, muitas vezes, por Neossolos Litólicos. Processos erosivos são identificados, com muita frequência, na base dos morrotes de arenito, nas zonas de contato com a colina. Uma vez desencadeados, tais processos tem como consequência a formação de ravinas, voçorocas e areais.

A condição climática atual da região auxilia a decomposição e desagregação das camadas resistentes dos morrotes, que favorecem a formação das manchas

arenosas. Os intensos processos de voçorocamento que ocorrem junto à base dos morrotes, carregam grande quantidade de areia para as drenagens.

A vegetação característica dos morrotes de arenito contempla diversas espécies, com destaque para a criúva (*Agarista eucalyptoides*), o jasmim-catavento (*Tabernaemontana catharinensis*), o curupi (*Sapium haematospermum*) e a tuna (*Cereus hildmannianus*). No topo, a vegetação rasteira adaptou-se as condições locais de baixa umidade e solos rasos, e mesmo com as dificuldades de acesso encontra-se pouco preservada devido ao uso agropecuário, onde em alguns casos como no Cerro Chato que dá nome a esta unidade (Figura 83) as atividades agrícolas já alcançaram a área de topo em décadas anteriores e atualmente são visíveis os campos com solos expostos.



Figura 83: Ao fundo cerro chato com escarpas vegetadas e topo com solo exposto após uso agrícola

Fonte: Trabalho de campo, 2008.

Em outros casos, os topos dos morrotes de arenito e cornijas estão sendo ocupados com atividades de silvicultura, conforme indica a figura 84.



Figura 84: Ao fundo morrote de arenito com topo coberto por eucalipto em morrote na Sanga da Areia.

Fonte: Trabalho de campo, 2008.

As cornijas compreendem os degraus de rochas areníticas que formam saliências na topografia, semelhante aos morrotes, porém se diferenciam por apresentar amplitudes menores e formarem faixas, não sendo individualizadas como os morrotes isolados.

A vegetação das cornijas costuma se desenvolver com maior abundância na encosta menos ensolarada e com maior quantidade de umidade, sendo comum a presença da criúva (*Agarista eucalyptoides*) associada ao jasmim-catavento (*Tabernaemontana catharinensis*), além de muitas cactáceas. Em alguns casos, quando as cornijas estão próximas a rede de drenagem ocorre espécies como o coqueiro-gerivá (*Syagrus romanzoffiana*) (Figura 85).

Os usos limitam-se a retirada da vegetação das cornijas, já no limite com as colinas, onde a quantidade de rocha diminui, o uso passa a ser desenvolvido com mais intensidade, com lavouras e pecuária.



Figura 85: Degraus de rochas formando cornijas vegetadas.
Fonte: Trabalho de campo, 2008.

8.1.3.2 Unidade de Silvicultura

A unidade de silvicultura compreende as plantações de pinus e eucaliptos e foi separada por representar uma proposta de novos usos para dinamizar a metade sul do Estado, que inclui a área de estudo. Além disso, é importante ressaltar que a presença da vegetação exótica faz com que a ação dos agentes de erosão, vento e água, sejam modificadas e, portanto, alteram a dinâmica superficial da região.

A silvicultura é recente na área de estudo e as plantações comerciais ocorrem em 2.740 ha da área total, em locais que anteriormente se desenvolviam campos com pecuária e agricultura, além de pequenas porções com arenização.

As extensas áreas para essa atividade incorporam áreas de arenização e se apresenta como principal ponto positivo para os moradores da região. Entretanto, em termos ecológicos estão sendo destruídas áreas que marcam uma condição paleoclimática regional e que determinam o bioma Pampa, no sul do Brasil.

8.1.3.3 Unidade de Areais

A individualização desta unidade decorre da grande extensão e representatividade que o processo de arenização ganha na área de estudo. Os areais ocorrem em cerca de 1.700 ha da área, tendo intensa dependência com as características litológicas (Figura 86).

As feições erosivas do tipo ravina e voçoroca ocorrem de forma mais intensa nas porções com arenitos fluviais. Por serem feições bem características de sistemas fragilizados, as ravinas e voçorocas foram individualizadas em toda a área, aparecendo de forma mais expressiva no Sistema Sanga da Areia.



Figura 86: Areal desenvolvido em colinas de arenito fluvial.
Fonte: Trabalho de campo, 2008.

8.1.3.4 Unidade das colinas com butiá-anão

As colinas com butiá-anão representam a unidade com ocorrência exclusiva em arenitos fluviais, identificados no Sistema Sanga da Areia. Os butiás ocorrem em declividades variadas, sendo que na porção identificada nas proximidades do Arroio Piraju as declividades são inferiores a 2%, já ao longo dos afluentes do Arroio Miracatu os campos com butiás chegam a aparecer em declividades de até 15%. Todos os campos com butiá-anão foram encontrados em altitudes na classe entre 120 e 200 metros.

A unidade com butiá-anão aparece de forma expressiva na área de estudo em uma extensão total de 903,41 ha. Nota-se, todavia, que a ocorrência de alguns polígonos com butiá não se encontra conectada, e sua interrupção está associada ao desenvolvimento de lavouras (Figura 87).



Figura 87: Extensa colina com butiá-anão e lavoura interrompendo a conexão da vegetação.

Fonte: Imagem Ikonos – Digital Globe, 2004.

Como os limites dessa unidade coincidem com as lavouras, infere-se que os campos com butiás eram bem mais expressivos em períodos anteriores ao desenvolvimento agrícola na área de estudo.

Por sua ocorrência restrita no oeste e sudoeste do Estado, o butiá-anão (*Butia lallemantii*) representa importante espécie endêmica que caracteriza o Bioma Pampa e atribui um aspecto de savana à vegetação campestre local.

As características apresentadas mostram a importância dessa espécie, que por ser típica do ecossistema do Bioma Pampa e estar perdendo espaço pela agricultura e silvicultura, deve ser preservada, para que nos próximos anos não venha a ser extinta do seu ambiente original, o Pampa gaúcho.

8.1.4 Sistema Manoel Viana

O Sistema Manoel Viana compreende as colinas que ocorrem em litologias vulcânicas de pouca espessura, que apresentam em sua maioria, solos profundos e bem desenvolvidos, relativamente mais coesos pela presença de frações argilosas. Por serem pouco espessos os derrames presentes nesta unidade permitem a exposição de pequenas manchas arenosas.

O sistema de canais que drena estas zonas é formado por nascentes e canais de até 4ª ordem. O relevo deste sistema é formado por colinas em áreas de baixa

altitude e com declividades variadas, predominando faixas inferiores a 5%, mas chega a apresentar pequenas faixas com inclinações maiores de 15%, isso possibilita pequenas variações dos tipos de solos, de acordo com as inclinações do terreno, mas o que predomina são os Argissolos e os Latossolos arenosos. As feições erosivas presentes nesta unidade são os areais e algumas ravinas e voçorocas que ocorrem devido à exposição dos arenitos.

De modo geral, a vegetação arbórea deste sistema se distribui ao longo dos canais, na forma de capões de mata próximos as nascentes, e alguns pequenos bosques de eucalipto.

O tipo de uso realizado nesta unidade é a associação pecuária e agricultura, sendo esta última desenvolvida muito próxima as drenagens favorecendo a degradação das margens dos canais com a retirada da vegetação. Por apresentar uma porção com características diferenciadas, foi delimitada a unidade Santa Maria do Ibicuí, com usos e tamanho das propriedades distintos daqueles apresentados como característica geral.

8.1.4.1 Unidade Santa Maria do Ibicuí

Esta unidade foi individualizada por apresentar uma distribuição fundiária e usos diferenciados do restante do sistema Manoel Viana. Estes locais são formados por minifúndios que compõem o Assentamento Santa Maria do Ibicuí tendo usos diversificados nas áreas de colinas (pecuária leiteira, lavouras de milho, feijão, batata entre outros) formados por solos arenosos e nas várzeas o cultivo de arroz em solos hidromórficos.

A unidade é formada em sua maioria, pelas planícies de inundação do Ibicuí e do Piraju, compondo uma topografia com declividades inferiores a 2%. Por esse motivo apresenta uma importante contribuição das drenagens dos afluentes do Piraju e dos canais que deságuam junto ao Ibicuí.

As porções de maior declividade se reduzem as áreas de colinas com encostas mais íngremes onde predominam declividades de 5 a 15%. As altitudes não ultrapassam os 160 metros, predominando altitudes inferiores a 100 metros.

As litologias são predominantemente arenosas, formada por arenitos fluviais e eólicos. Uma mancha arenosa e ravinas foram observadas no interior desta unidade, confirmando a fragilidade da paisagem.

A cobertura vegetal desta unidade é predominantemente campestre, tendo as maiores fragilidades associada à escassa vegetação ciliar, estando restrita a alguns capões nas cabeceiras de drenagens.

8.1.5 Sistema Paredões

Este sistema é assim chamado pela toponímia indicada no alto curso do Arroio Caraguataí e Piraju, onde é visível a formação de verdadeiros paredões vegetados com declividades que podem chegar a 15%.

Os processos de dissecação permitiram a distribuição de cinco unidades com características distintas.

8.1.5.1 Unidade Campos dos Valos

A unidade Campos dos Valos compreende as colinas em associação com morrotes e escarpas abruptas que ocorrem em litologias de rochas vulcânicas com algumas porções de arenito Botucatu intertrápico aflorante.

As altitudes chegam a atingir 300 metros e representam as áreas dissecadas do rebordo, onde a menor quantidade de derrames demonstra a influencia dos processos erosivos que possibilitaram o aparecimento de finas camadas de arenitos.

A vegetação destes paredões é composta por diversas espécies entre as mais comuns estão à canela-de-veado (*Helietta apiculata*), a timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*), a pitangueira (*Eugenia uniflora*), o ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*), a primavera (*Brunfelsia pauciflora*) e o gravatá (*Bromelia balansae*).

Nas áreas acima dos paredões predominam os campos com pecuária. Os solos desenvolvidos são rasos definidos como Neossolos litólicos. No topo podem ocorrer solos mal desenvolvidos classificados pela associação de Argissolos/Cambissolos.

8.1.5.2 Unidade Morro Assunção

Esta unidade corresponde aos morros testemunhos de rochas vulcânicas, que ocorrem de forma mais expressiva na margem direita do Arroio Miracatu e apresentam expressiva vegetação nativa. As escarpas desses morros são íngremes com inclinações superiores a 15%. A maior altitude desta unidade é 209 m, e ocorre no Morro Assunção.

Os solos distribuem-se em neossolos e cambissolos. Os morrotes apresentam vegetação arbórea abundante (Figura 88), a maioria dentro dos limites estabelecidos para áreas de proteção. Algumas espécies são bem características desses morrotes como a aroeira-brava (*Lithraea molleoides*), a canela-de-veado (*Helietta apiculata*), o angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida*).



Figura 88: Fotografia indicando morrote de rocha vulcânica com vegetação se conectando com a rede de drenagem.

Fonte: Trabalho de campo, 2009.

8.1.5.3 Unidade Taquari

Esta unidade representa as áreas de transição entre a Depressão e o Planalto, sendo formada por morros e morrotes associados a um relevo escarpado em altitudes elevadas. As litologias são de arenitos Botucatu e rochas vulcânicas. As declividades variam de 5 a 15% e superiores a 15%, manifestando processos de dinâmica superficial como erosão e deslocamento de blocos.

O uso é restrito devido ao relevo, ocorrendo somente pequenas áreas com atividade agrícola e pecuária, onde a distribuição fundiária é com pequenas propriedades. Nestas áreas de relevo movimentado, associados a morros e morrotes, ocorrem solos rasos no topo, constituindo cambissolos e, na encosta, afloramentos de rocha e neossolos litólicos.

Uma característica bem marcante dessa unidade é a extensa área de vegetação arbórea, acompanhando toda a seqüência da escarpa e as drenagens (Figura 89).



Figura 89: Em primeiro plano os campos da Unidade Beluno e ao fundo extensa vegetação dos Paredões do Miracatu.

Fonte: Trabalho de campo, 2009.

Entre as espécies mais comuns da Unidade Taquari encontra-se a aroeira-brava (*Lithraea molleoides*), o pau-ferro (*Astronium balansae*), a pitangueira (*Eugenia uniflora*), a timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*), a canela-de-veado (*Helietta apiculata*), o araticum (*Rollinia emarginata*) e o espinilho (*Acacia caven*).

Esta porção da área de estudo apresenta uma vegetação bem diversificada, todavia, o que vem ocorrendo é a devastação em zonas no interior da mata fechada.

8.1.5.4 Unidade Vila Kramer

A unidade Vila Kramer representa a zona de transição entre o Sistema Sanga da Areia e a Unidade Taquari, em uma porção bem individualizada por escarpas. São locais de contato entre as litologias vulcânicas e os arenitos eólicos e fluviais, em um relevo formado por patamares amplos e declividades mais suaves.

Esta unidade abrange a porção sul da Vila Kramer, onde se localiza pequenas propriedades próximas a vila e no Distrito Sede, com usos diversificados. No centro desta unidade ocorrem lavouras em propriedades de maior extensão.

8.1.6 Sistema Beluno

Este sistema apresenta características que as diferem dos paredões vegetados, por apresentar uma extensa cobertura de campos, formando um denso tapete gramíneo herbáceo, de espécies conhecidas, como o capim-caninha (*Andropogon lateralis*) e a grama-forquilha (*Paspalum notatum*). São locais de forte contribuição de nascentes que se desenvolvem sobre espessas camadas de rochas vulcânicas que ocorrem nas maiores altitudes da área, acima de 400 metros.

As características deste sistema são diferenciadas do restante da área de estudo pois também refletem um comportamento diferenciado do substrato, que foi diagnosticado também nos estudos mais detalhado sobre a composição vulcânica dessa porção realizado por Wildner *et al.* (2006). Esta pequena faixa localizada na área de estudo, avança em direção ao município de Santiago sendo composta por derrames de composição intermediária a ácida, apresentando forte disjunção tabular no topo e maciço na porção central dos derrames. É comum a exposição destes derrames, na forma de rochas expostas nos campos, formando solos de pouca profundidade e pedregosos, marcando as fragilidades com relação ao uso deste sistema.

O sistema descrito pertence ao distrito Beluno, onde residem pequenas propriedades que nos limites da área de estudo, por serem divisores com topos mais planos e solos rasos, desenvolvem a pecuária (Figura 90).



Figura 90: Ao fundo pequenas propriedades que desenvolvem a pecuária nos campos da Unidade Beluno.

Fonte: Trabalho de campo, 2009.

O quadro 8 apresenta o resumo das potencialidades e fragilidades dos sistemas que compõem a área de estudo.

	Potencialidades	Fragilidades
Sistema Urbano	Ocorrência de infra-estrutura básica e serviços para a população local.	Significativas modificações fisiológicas e fisiográficas da paisagem, com alterações na drenagem a leste da cidade. Impermeabilização e geração de resíduos sólidos sem uma adequada área de descarte.
Sistema Ibicuí	Disponibilidade hídrica para atividades agrícolas e uso para os animais.	Sistema associado as áreas de proteção ambiental (apps), com restrições para retirada de vegetação e com porções desmatadas. Contaminação dos recursos hídricos e assoreamento dos canais provocado pela erosão das margens. Grandes áreas alagadas dos banhados foram drenadas para o plantio de arroz.
Sistema Sanga da Areia	Nas unidades de areais - Diversidade de plantas endêmicas constitui refúgio de uma vegetação xerofítica que registram condições climáticas passadas de semi-aridez (cactáceas e butiá-anão). Potencialidades paisagísticas para desenvolver o turismo e estudos com espécies endêmicas de fauna e flora.	Processos de Arenização Ravinas e Voçorocas. Porções de solos arenosos com baixa coesão e alta suscetibilidade a erosão. Litologias de arenitos fluviais de fácil desagregação. Na unidade Cerro Chato, o topo dos morrotes está associado à legislação "Lei topo de morro" não sendo respeitados os limites. Solos rasos, pedregosos e arenosos nesta unidade.
Sistema Manoel Viana	Uso potencial para pecuária. Distribuição das terras em minifúndios garantindo um uso da terra que atende a população local.	Degradação das várzeas pelo uso intensivo. Processos erosivos.
Sistema Paredão	Diversidade de vegetação nas escarpas e na drenagem. Solos argilosos propícios a agricultura na unidade campos dos valos. Pequenas propriedades com produção diversificada de abastecimento local.	Movimentos de massa nas áreas mais íngremes da Unidade Taquari e com restrição para cultivos agrícolas Solos rasos na Unidade Taquari (Cambissolos/Neossolos) com restrições para uso agrícola. Manchas de solo exposto devido o uso intensivo nas zonas de solos arenosos da Unidade Vila Kramer.
Sistema Beluno	Apresenta uma extensa cobertura de campos, formando um denso tapete gramíneo herbáceo, de espécies conhecidas, como o capim-caninha e a grama-forquilha. São locais de forte contribuição de nascentes que se desenvolvem sobre espessas camadas de rochas vulcânicas.	É comum a exposição de derrames, na forma de rochas expostas nos campos, formando solos de pouca profundidade e pedregosos, marcando as fragilidades com relação ao uso deste sistema.

Quadro 8: Resumo das potencialidades e fragilidades dos sistemas que compõem a área de estudo.

9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A presente dissertação objetivou analisar os elementos do meio físico e os processos superficiais que condicionam e formam a geomorfologia de bacias hidrográficas do oeste do Rio Grande do Sul. As análises do uso da terra e da cobertura vegetal permitiram compreender como se espacializa o processo de ocupação da área de estudo que associado às demais informações oportunizou a identificação das zonas de fragilidade e potencialidade, necessárias para o zoneamento geoambiental. A partir disso, conclui-se que:

- 1- Para estudos de Zoneamento Ambiental, deve-se considerar além das informações do meio físico e da dinâmica da paisagem o uso e a ocupação rural, e o uso e ocupação da área urbana, por entender que ambos representam resultados da acumulação social que possibilitam o surgimento de novas formas, que trazem significativas modificações as quais remodelam e refazem a paisagem natural de forma dinâmica e constante.
- 2- Os areais representam as marcas dos processos erosivos deixados nas paisagens, sendo encontrados em cerca de 1.700 ha da área total, predominando no Sistema Sanga da Areia. Com relação à topografia, os areais podem ocorrer em várias posições sem uma ocorrência predominante, desde cabeceiras de drenagens desmatadas, até nas vertentes convexizadas.
- 3- O processo de formação dos areais da área de estudo encontra-se associado, em sua maioria, com a dinâmica natural de desagregação das rochas areníticas, que envolve a erosão hídrica e eólica, ocasionando a perda das camadas superficiais que, por sua vez, desencadeiam os depósitos de areia.
- 4- Acredita-se que a fragilidade ambiental da área de estudo é fruto de uma série de condições que são condizentes com mudanças climáticas para as condições úmidas atuais e solos gerados sobre rochas areníticas friáveis.
- 5- Diferentemente do que vinha sendo divulgado no meio acadêmico e na imprensa desde os primeiros debates a respeito dos processos de arenização no oeste gaúcho, a pesquisa aponta que o substrato litológico

mais associado à formação de areais, nos municípios de Manoel Viana e São Francisco de Assis, pertence aos arenitos friáveis de origem fluvial da Formação Guará.

- 6- Mais de 60% da área de estudo é formada por unidades de mapeamento composta de solos arenosos rasos ou profundos. Esta condição expõe a fragilidade destas unidades, onde as recomendações devem ser condizentes com usos que não agridam ou inviabilizem ainda mais a produção nestes solos, visando à compatibilização econômica com preservação dos recursos.
- 7- A paisagem formada pelas bacias dos arroios Miracatu, Caraguataí, Piraju, Restinga do Salso e Lajeado Cunha, sofreu intensas transformações nas últimas décadas, fruto do acelerado crescimento agrícola em detrimento dos campos com pecuária e nas áreas de várzea com perda das matas. Já as transformações impostas pela implantação da silvicultura, em grande escala, no Sistema Sanga da Areia já se mostram visíveis, impondo a paisagem um cenário homogêneo em termos ecológicos, mas por outro lado vem dinamizando o contexto econômico da região.
- 8- Dos seis sistemas e das nove unidades delimitadas, os que apresentam forte fragilidade pertencem ao Sistema Sanga da Areia que comporta as unidades dos areais e voçorocas e o Sistema Ibicuí. As zonas que apresentam uma fragilidade potencial devido às características dos solos, dos usos e do aparecimento de areais e voçorocas pertencem ao Sistema Manoel Viana.
- 9- Uma das fortes potencialidades da área de estudo comprovada por diversas pesquisas sobre diversidade biológica é considerada como grande problema para a população local. Considera-se o areal, sob ponto de vista ecológico e por representar relictos de condições secas, como importantes zonas potenciais, onde acabam se desenvolvendo espécies com características adaptativas, sendo endêmicas do sudoeste e oeste gaúcho.
- 10- O butiá-anão, cuja ocorrência é reduzida e encontra-se associada aos areais e as colinas arenosas com formação campestre, representam importante espécie endêmica do Bioma Pampa, que está ameaçada pela expansão das monoculturas dos últimos anos. Por esse motivo, considera-se na presente pesquisa, a unidade de butiás como zona de intensa potencialidade e que merece ser considerada zona de proteção ambiental do Bioma Pampa.

A partir do exposto, pelo recorte de estudo e escala de análise, percebe-se que é na área rural que vão aparecer às grandes diversidades da paisagem. Diversidades estas associadas a cenários ainda típicos da identidade do pampa onde se desenvolvem a pecuária com a utilização das pastagens e onde mais recentemente ocorrem às monoculturas agrícolas em latifúndios e médias propriedades, a agricultura familiar e os minifúndios com a implantação de usos mais diversificados, além das diversidades das novas áreas com silvicultura.

É neste cenário que se estabelecem as potencialidades e fragilidades marcando as unidades de intervenção e gestão, fruto do Zoneamento Geoambiental construído para a área de estudo, onde a constatação mais evidente oriunda das observações de restrições deste zoneamento é a de que zonas marcadas por grande suscetibilidade erosiva como ocorre nos campos de areia e voçorocas do Sistema Sanga da Areia, exigem critérios particulares de ocupação e desenvolvimento, a fim de não comprometer ainda mais as condições de instabilidade.

Porém, o que se vê, é que as propostas de “recuperação” das áreas degradadas crescem à medida que aumenta a necessidade de estabelecer novas alternativas de desenvolvimento econômico para o campo, retratando as condições dos últimos anos, onde ocorre uma substituição da pecuária pela agricultura e recentemente pelo florestamento, o que até o momento não amenizou as questões ambientais.

Considerando este, um trabalho de escala (meso) mais abrangente e generalista, cujo objetivo representa o zoneamento ambiental de unidades que apresentam homogeneidades e representatividade dentro de um conjunto com inúmeros elementos ainda desconhecidos e pouco estudados. A diversidade e dinâmica da área de estudo são imensuráveis se considerado cada um dos aspectos tratados nesta pesquisa, em uma escala de maior detalhe.

No que diz respeito à relevância do trabalho, este serve de base para estudos de maior detalhe, onde sugere-se aproximar a discussão para a aplicação do planejamento e ordenamento territorial, uma vez que percebe-se que as ocupações, nem sempre são precedidas de estudos que considere as restrições dos recursos naturais, especialmente com relação a fragilidade das litologias e dos solos, quando submetido a determinados usos.

A silvicultura aparece como uma “solução” ao uso da terra na região. Considera-se que a monocultura e a concentração de terras é sempre uma ameaça ao ambiente e a um desenvolvimento sustentado de qualquer região.

Ao término, reforça-se a importância do Bioma Pampa, área sob a qual se estende uma grande parte do Aquífero Guarani, a maior reserva de água doce subterrânea do planeta e cuja riqueza em biodiversidade da fauna e flora é ainda pouco investigada.

Os pontos preocupantes com relação à importância do Pampa encontram-se no fato de que este é um dos Biomas com menor percentual de área legalmente protegida. De acordo com o IBAMA (2006), nas áreas de ocorrência do Bioma Pampa *stricto sensu* - regiões da Campanha, Depressão Central, Serra do Sudeste e Missões – somente 0,04% (cerca de 7.000 hectares) estão em Unidades de Conservação de Proteção Integral, e, no entanto, nenhuma federal. Na área junto à fronteira com o Uruguai, existe uma única unidade de uso sustentável federal, a Área de Proteção Ambiental do Ibirapuitã.

Este fato remete-nos a sensação de que o desconhecimento da biodiversidade tenha favorecido o não comprometimento com a preservação de determinadas porções e, conseqüentemente, os resultados apontam para condições de extrema degradação como as com processo de arenização e voçorocamento e a provável extinção de espécies da fauna e da flora associadas a estes relictos.

Ressaltam-se importantes áreas de pesquisa dentro desse Bioma, apenas no recorte de estudo, relacionado com os sítios arqueológicos, com a diversidade de espécies adaptadas, como as pitangas-do-campo (*Eugenia arenosa*) que está incluída na lista das espécies ameaçadas de extinção segundo a Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA, 2009), e o butiá-anão (*Butia lallemantii*)⁴³ que recentemente foi considerado espécie endêmica dos campos gaúchos, bem como as próprias formações campestres pouco conhecidas, além de propostas de turismo rural com a implantação de uma rota turística do Bioma Pampa, por representar locais com características únicas, de alto potencial para a região.

Em outras palavras, conclui-se que, potencial desconhecido é potencial desperdiçado.

⁴³O Zoneamento ambiental para a atividade de silvicultura indica entre as unidades com restrições as áreas de ocorrência de butiazais e pau ferro que segundo a FEPAM ainda não estão mapeadas. Isso demonstra a importância dessas espécies e a necessidade de um mapeamento que cubra todo o Bioma Pampa.

A continuidade das pesquisas

O zoneamento geoambiental apresentado nesta pesquisa faz parte de uma proposta que não termina ao se chegar às considerações finais da dissertação. A ideia já apresentada para as lideranças do município de Manoel Viana se constrói em conjunto com o Laboratório de Geologia Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria e com pesquisadores de outras áreas, no sentido de arquitetar o “*Atlas Geoambiental de Manoel Viana*”.

Esta iniciativa representa a tentativa da aproximação dos estudos acadêmicos com a sociedade, no sentido de suprir as necessidades de ambos os grupos. Além disso, o desenvolvimento de um atlas que apresente as potencialidades e fragilidades do município servirá de apoio ao planejamento e a gestão ambiental, além de servir de consulta bibliográfica para as escolas do município.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB' SÁBER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas do Quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo, n.18, p. 1-22, 1969.

_____. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 4. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159 p.

_____. Bases Conceptuais e o papel do conhecimento na Previsão de Impactos. In: MULLER PLANTENBERG, C. e AB' SABER, A. N. (Org). **Previsão de Impactos**. São Paulo: Edusp, 1998.

ABREU, A. A. de. A Teoria Geomorfológica e sua edificação: Análise crítica. **Revista IG**, São Paulo, p. 5-23. 1983.

ALVES, F. da S. **Estudos Fitogeográficos na Bacia Hidrográfica do Arroio Lajeado Grande** – Oeste do RS. 2008. 106 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

AMARAL, R.; ROSS, J. L. S. Cartografia Geomorfológica: O uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG) para a confecção de cartas de fragilidade. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia e I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia, 5., 2004. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2004.

ANA. Agência Nacional das Águas. **Sistemas de Informações Hidrológicas (Hidroweb)**. Disponível em <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em 10 set. de 2006.

ARGENTO, M. S. F. Mapeamento Geomorfológico. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B (Org.). **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

BRASIL. **Código Florestal**. Lei nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965.

BRASIL. Lei Nº 9.433. **Política Nacional dos Recursos Hídricos**, 1998.

BRASIL. Resolução CONAMA Lei nº 303, de 20 de Março de 2002. Áreas de preservação permanente.

BRASIL. Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1992: Rio de Janeiro). **AGENDA 21** - Capítulo 12. 3. ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2003.

BRASIL. **Programa de Ação Nacional de Combate a Desertificação e Mitigação dos efeitos da Seca - PAN Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Recursos Hídricos, 2004. 242 p. ISBN 85-87166-66-2.

BAZZAN, T.; ROBAINA, L. E. de. S. Mapeamento de Unidades Geológico-Geomorfológicas da Bacia Hidrográfica do Arroio Curuçu-RS. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia/Conferência Regional de Geomorfologia, 6., 2006, Goiânia. **Anais...** 2006.

_____. Zoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio Curuçu, oeste do Estado do Rio Grande do Sul. **Geoambiente On-line**, Goiás: Revista Eletrônica do Curso de Geografia do Campus Jataí – UFG. n. 11, jul-dez/2008.

BELTRAME, Â. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.

BERED, A. R.; FERRARO, L. W.; PAGEL, S. M. **Zoneamento ambiental para atividade de silvicultura**. Porto Alegre: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Hoessler, 2007. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br>. Acesso em: 3 dez. 2008.

BERLATO, M. A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D. C. **Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.40, n.5, p.423-432, maio 2005.

BERNARDES, N. **Bases Geográficas do povoamento do Estado do Rio Grande do Sul**. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 1997, 147 p.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria dos Sistemas**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1976.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. **Cadernos de Ciências da Terra**, São Paulo: IG-USP, n. 13, p. 1-27. 1972.

BELLANCA, E. T. **Uma contribuição para a explicação da gênese dos areais do sudoeste do Rio Grande do Sul**. 2002. 88 f. Dissertação (Mestrado em Geografia).

- Instituto de Geociências, Curso de Geografia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

BOTELHO, R., G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia Hidrográfica e qualidade ambiental. In: GUERRA, A. J. T. e V., A. C. (Org). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 208 p.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em Microbacias hidrográficas. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. d.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

BOLÓS, M. C. de. Problemática actual de los estudios de paisaje integrado. **Revista de Geografia**, Barcelona, v.15, p. 45-68. 1981.

CAILLEUX, A.; TRICART, J. **Le problème de la classification des faits géomorphologiques**. Ann. de Géogr. p. 162 -186.1956.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. Mapas e suas representações computacionais. In: ASSAD, E. D; SANO, E. E. **Sistema de Informações Geográficas**. Aplicações na agricultura. 2. ed. Brasília: Embrapa – SPI / Embrapa – CPAC, 1998. 434 p.

CARRARO, C. C. *et al.* **Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul. Escala: 1.1000.000**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1974.

CARVALHO, J. A. R. Cartografia geotécnica e ambiental em Portugal. In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 5., 2004. **Anais...** São Carlos, 2004.

CASSETI, V. **Ambiente e Aproximação do Relevo**. São Paulo: Contexto, 1991. 147 p.

_____. **Elementos de Geomorfologia**. Goiânia: Editora da UFG, 1994. 137p.

CENDRERO, A. Environmental geology of the Santander Bay Area, Northern Spain. **Engineering Geology**. v. 1, p. 97 – 114. 1975.

_____. Uma ferramenta para a avaliação e monitoramento de unidades de mapa geoambientais: os índices de qualidade ambiental. In: Simpósio Brasileiro de

Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 5, 2004. **Anais...** São Carlos, 2004.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia**. São Paulo: HUCITEC. Ed. da Universidade de São Paulo, 1979.

_____. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 313 p.

_____. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2002. 236 p.

_____. Sistemas Dinâmicos: As abordagens da Teoria do Caos e da Geometria Fractal em Geografia. In: VITTE, A. C. e. G., A.J.T. (Orgs.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 89 - 110.

CHORLEY, R.J. **Geomorphology and general systems theory**. Theoretical papers in the hydrologyc and geomorphic sciences. U. S. Geol. Survey Prof. Paper, 500-B, 1962. 10 p. (Transcrito em Notícias Geomorfológicas, 11 (21), p 3-22, 1971).

CORSETTI, B. A colonização italiana no Rio Grande do Sul e o projeto político Republicano (1889\1930): educação e nacionalização. In: QUEVEDO, J. (Org.) **Rio Grande do Sul: quatro séculos de história**. Porto Alegre: Martins Livreiro, 1999. p. 219-258.

CUNHA, S. B. I. Canais Fluviais e a Questão Ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **A Questão Ambiental: Diferentes Abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 2. ed.

CUNICO, C. **Zoneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Marumbi - PR: Perspectivas para a Análise e Avaliação das Condições Sócio-Ambientais**. 2007. 175 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Curitiba, Curitiba, 2007.

DAVIS, M. W. **The Geographical Cycle**. The Geographical Journal, v. 14, n. 5. nov., 1899, p. 481-504. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/1774538>. Acesso em: 12 out. 2008.

DEBLE, L. P.; MARCHIORI, J. N. C. *Butia lallemantii*, uma nova Arecaceae do Brasil. **Balduinia**, Santa Maria, n.9, p. 1-3, 2006.

DEMEK, J. **Generalization of geomorphological maps in progress made, geomorphological mapping**. Brno, 1977.

DE NARDIN, D. **Estudos Geoambientais no Oeste do Rio Grande do Sul: Mapeamento da Bacia Hidrográfica do Arroio Miracatu**. 2007.127 f. Monografia (Graduação em Geografia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

DE NARDIN, D.; ROBAINA, L. E. de S. Mapeamento Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Miracatu, Oeste do Rio Grande do Sul. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia /Regional Conference on Geomorphology, 2006, Goiânia. **Anais...** 2006. p. 1-10.

EMATER. Empresa Riograndense de Assistência Técnica e Extensão Rural. Rio Grande do Sul. **Relatório de Ações e Resultados**. São Francisco de Assis, 2006.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 415 p.

FERREIRA, J. P. *et al.* **Enciclopédia dos Municípios Brasileiros**. IBGE, 1959.

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA. **Dados do município**. 2008. Disponível em: <http://www.fee.tche.br>. Acesso em fev. 2009.

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA. **De Província de São Pedro a Estado do Rio Grande do Sul**. Censos RS 1803 - 1950. Porto Alegre, 1981, 330 p.

FIORI, A. P. Metodologias de Cartografia Geoambiental. In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 5., 2004. **Anais...** São Carlos, 2004.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FREITAS, E. M. **Arenização e fitossociologia da vegetação de campo no município de São Francisco de Assis**. 2006. 142f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós- Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, 2006.

FREITAS, M. W. D. de; CUNHA, S. B. Geossistemas e Gestão Ambiental na Bacia

Hidrográfica do Rio São João-RJ. In: 5º Simpósio de Nacional de Geomorfologia e 1º Encontro Sul-Americano de Geomorfologia, RS, 2004. **Anais...** Santa Maria, 2004.

GRECCHI, R. C. **Zoneamento geoambiental da região de Piracicaba-SP, com auxílio de geoprocessamento**. 1998. 132 f. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos/USP, São Carlos. 1998.

GREGORY, K. J. **A natureza da Geografia Física**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992. 367 p.

GUASSELLI, L. A. *et al.* **Macrozoneamento do Estado do Rio Grande do Sul**. Pesquisas em Geociências (Online). Porto Alegre, v. 33, n. 1, 2006. p. 3-11.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (org.) **Geomorfologia e meio ambiente**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p. 337-379.

_____. **Geomorfologia - Exercícios, Técnicas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 1996.

_____. **A questão ambiental - Diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 2003.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos solos e a questão ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. dos, S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 192 p.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 652 p.

GUIMARÃES, A. P. **Quatro séculos de latifúndio**. 6. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1989. 198 p.

HAIGERT, F. E. V. **Pioneiros**. São Francisco de Assis: Mercosul, 1999. 358p.

HIGASHI, R. R Caracterização de unidades geoambientais de São Francisco do Sul através de sistemas de informações geográficas. In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 5., 2004. **Anais...** São Carlos, 2004.

HURTADO, A. **Diagnóstico da realidade agrária e propostas de desenvolvimento rural: Manuel Viana – RS.** Versão Preliminar. INCRA/FAO. Agosto, 2000.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Parecer da Equipe Técnica do Ibama – Grupo de Trabalho do Bioma Pampa – Sobre o Zoneamento Ambiental da Atividade da Silvicultura no Rio Grande do Sul.** 2006. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br>. Acesso em nov. 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento de recursos naturais do projeto RadamBrasil.** Folha SH.21. Santiago e Alegrete. Rio de Janeiro, 1973.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeto Radam Brasil: Geomorfologia (Folha SH-21. Santiago e Alegrete).** Rio de Janeiro, 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados de Produção agrícola.** Disponível em <http://www.ibge.gov.br> e <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em 10 set. 2008.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Rede de Estações.** Disponível em <http://www.inmet.gov.br/>. Acesso em 8 nov. 2006.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Estatísticas Cadastrais 2005.** Disponível em: <http://www.incra.gov.br/>. Acesso em: 24 out. de 2008.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Plataforma de coleta de dados (PCD).** Disponível em <http://satelite.cptec.inpe.br/PCD/>. Acesso 5 de jul. de 2006.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Mapeamento Geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo. Escala 1:500.000, v. 2, 1981. 130 p.

JACOBI, P. Educação Ambiental, Cidadania e Sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, n^o 118, p. 189-205, 2003.

KLAMT, E.; SCHNEIDER, P. Solos Suscetíveis à erosão eólica e hídrica na região da Campanha do Rio Grande do Sul. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria: Editora da UFSM, n. 11, p. 70-80, 1995.

KOHLER, H.C. A escala na análise geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Ano 3 n.1, p. 21-31, 2002.

KRUMBEIN, W. C. Size Frequency Distribution of sediments. *Journal of Sed, Petrol*, v. 4, p. 65-77. 1934.

LEFF, E. **Saber Ambiental: Sustentabilidade, Racionalidade, Complexidade, Poder**. São Paulo: Vozes, 2001. 494 p.

LEMOS, R. C. de; SANTOS, R. D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo** - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS). Campinas, 1982. 46 p.

LIBAULT, A. Os quatro níveis da pesquisa geográfica. **Métodos em Questão**. n. 1. IG-USP, S. Paulo, 1971.

LOLLO, José Augusto de. **O Uso da Técnica de Avaliação do Terreno no Processo de Elaboração do Mapeamento Geotécnico: Sistematização e Aplicação na Quadricula de Campinas**. 1996. 250 f. Tese de Doutorado - EESC/USP, São Carlos. 1996.

MACIEL FILHO, C. L., *et al.* **Geologia do Município de São Francisco de Assis - RS**. n. 4. Santa Maria: Publicação especial - UFSM, 1971. 29 p.

MANOEL VIANA. Lei nº 7.589, de 29 de novembro de 1938. Estabelece a categoria de Vila de Manoel Viana. Manoel Viana, 29 nov. 1938.

MANOEL VIANA. Decreto-Lei nº 9.542, de 20 de março de 1992. Estabelece o então 3º Distrito de São Francisco de Assis à condição de Município de Manoel Viana. Manoel Viana, 20 mar. 1992.

MANOEL VIANA. Decreto Legislativo nº 017, de 27 de dezembro de 1993. Institui a Lei Orgânica do município de Manoel Viana. Manoel Viana, 27 dez. 1993.

MANOEL VIANA. Lei nº 0009/93, de 1 de fevereiro de 1993. Cria os Distritos do

Município de Manoel Viana, estabelece os seus limites e dá outras providências. Manoel Viana, 1 fev. 1993.

MANOEL VIANA. Lei nº 435 de 15 de dezembro de 1998. Estabelece a alcunha de "Pérola do Ibicuí" como codinome do Município de Manoel Viana. Manoel Viana, 15 dez. 1998.

MARCHIORI, J. N. C. Vegetação e Areais no Sudoeste Rio-Grandense. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria: Editora da UFSM, v.11, p. 81-92, 1995.

_____. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul**: campos sulinos. Porto Alegre: EST, 2004.

MATEO RODRIGUEZ, J. M.; SILVA, E. V. da. A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. **Mercator**: Revista de Geografia da UFC, n. 1, 2002.

MAXIMIANO, L. A. Considerações sobre o conceito de paisagem. **RA'EGA**. Curitiba: Editora UFPR, n. 8, p. 83-91, 2004.

MEDEIROS, E. R., *et al.* O Mesozóico no Oeste do Rio Grande do Sul (São Francisco de Assis e Alegrete). **Acta Geológica Leopoldensia**, São Leopoldo, v. 29, p. 49 - 60, 1989.

MENEZES, D. B.; ZUQUETTE, L. V. Avaliações metodológicas em estudos geoambientais de bacias hidrográficas: a Bacia do Rio Pardo. In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 5., 2004. **Anais...** São Carlos, 2004.

MESCERJAKOV, J. P. **Les concepts de morphostructure et de morphosculture: un nouvel instrument de l'analyse geomorphologique**. Seção de Geomorfologia do Instituto de Geografia da Academia de Ciências das URSS. Moscou, 1968.

MONTARGO, D. K.; BENADUCE, G. M. C. Considerações sobre o processo nos areais de São João e de Passo Novo em Alegrete, RS - Brasil. Congresso Brasileiro de Geologia, RJ, 1984. **Anais...** Rio de Janeiro, 1984.

MONTEIRO, C. A. de F. **Geossistema: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2 ed. 2001. 127 p.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretária da Agricultura, 1961. 42 p.

MÓSENA, M. **Agricultura em áreas frágeis**: as transformações decorrentes do processo de arenização em São Francisco de Assis/RS. 2006. 143 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

MÜLLER FILHO, I. L. **Notas para o Estudo da Geomorfologia do Rio Grande do Sul**. Santa Maria: Editora da UFSM, 1970.

NIMER, E. Clima. **Geografia do Brasil. Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. p. 35 - 79.

OLIVEIRA, P. C. A.; RODRIGUES, S.C. Cartografia do Relevo: Um estudo aplicado na Região oeste de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Ano 8 n.2, p. 37-44, 2007.

PAULA, P. M. **Mapeamento de Unidades Litomorfológicas em Bacias Hidrográficas com processos de Arenização**, Alegrete-RS. , 2006. 69 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

PILLAR, V. P. (Coord.) et. al. **Workshop: Estado atual e desafios para a conservação dos campos**. Porto Alegre: UFRGS. 24p. 2006. Disponível em: <http://www.ecologia.ufrgs.br/ecologia/campos/finalcampos.htm>. Acesso em: 24 de abril de 2009.

PELOGGIA, A. U. G. Deve haver um "método" para a cartografia geotécnica? Discussão metodológica acerca da cartografia geotécnica em algumas de suas modalidades mais difundidas. **Revista Brasileira de Geociências**, v.27, p. 199-206, 1997.

PENCK, W. **Morphological Analysis of Landforms**. Londres: McMillan, 1953.

RAMBO, B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul - Ensaio de Monografia Natural**. Porto Alegre: Imprensa Oficial, 1956. 360 p.

RECKZIEGEL, E. W.; ROBAINA, L. E. de. Mapeamento geoambiental da área interfluvial dos rios Ibicuí e Jaguari - São Vicente do Sul, RS. **Ciência e Natura**, Santa Maria: UFSM, v.30, 2008, p.185 – 200.

RIBEIRO, J. C. C. **A verticalização da paisagem nos campos de areia da Vila Kraemer**. São Francisco de Assis/RS. 2008. 181 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

RIO GRANDE DO SUL - **Código Estadual do Meio Ambiente** - Lei Estadual nº 11.520 de 03.08.2000. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Secretária do Meio Ambiente. Palácio Piratini, em Porto Alegre, 03 de agosto de 2000.107p.

ROBAINA, L. E. de S.; TRENTIN, R.; DE NARDIN, D.; BAZZAN, T. Atlas Geoambiental de São Borja. Santa Maria: Lageolam, 2006. v. 01. 59 p.

ROBAINA, L. E. de S., *et al.* **Proposta de Compartimentação Geomorfológica da Bacia do Ibicuí, Oeste do RS**. In: V Seminário Latino-americano e I Seminário Ibero-americano de Geografia Física. UNIFRA (Centro Universitário Franciscano) UFSM (Universidade Federal de Santa Maria). **Anais...** Santa Maria, 2008.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, FFLCH/USP São Paulo, v.8, p 63 – 74. 1994.

_____. **Geomorfologia. Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990.

_____. (Org). **Geografia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 1995. 546 p.

_____. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. **Revista da Pós-Graduação de USP**, São Paulo, n.6, 1992.

ROUGERIE, G; BEROUTCHACHVILI, N. **Geosysteme et paysages: bilan et methods**. Paris: Armand Colin. 1991, 302 p.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de textos, 2004.

SÃO FRANCISCO DE ASSIS. Lei nº 1.427, de 04 de janeiro de 1884. Cria o município de São Francisco de Assis. São Francisco de Assis, 4 jan. 1884.

SEMA - Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. **Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção do Rio Grande do Sul**. 2009. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/pdf/especies-ameacadas.pdf>. Acesso em: 03 de maio de 2009.

SCHERER, C. M. dos S., *et al.* Arcabouço Estratigráfico do Mesozóico da Bacia do Paraná. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. F. O. **Geologia do Rio Grande do Sul**, 2002. 444 p.

SHIMBO, J. Z. JIMÉNEZ-RUEDA, J. R. Zoneamento geoambiental em áreas rurais. Subsídios ao planejamento de projetos de reforma agrária. Estudo de caso: assentamento rural Pirituba II, (SP). In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. Universidade Federal de Uberlândia – Instituto de Geociências, 6. 2007. **Anais...** Uberlândia, 2007.

SILVA, V. R. **Análise sócio-ambiental da Bacia do Rio Biguaçu-SC: Subsídios ao Planejamento e Ordenamento Territorial**. 2007. 209 f. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - FFLCH/USP, São Carlos. 2007.

SOTCHAVA, V. O estudo dos geossistemas. **Método em questão**, IGUSP, 1975.

SOUZA, C. F. de. **Contrastes Regionais e formações urbanas**. Porto Alegre:Ed. UFRGS, 2000.

SOUZA, L. A., *et al.* Cartografia Geoambiental como Suporte ao Plano Diretor de Mariana, MG. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 11., 2005. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2005.

SOUZA, M. L. de, *et al.* Diagnóstico Geoambiental da Bacia do Córrego Tenente – Mariluz/PR. In: VI Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. Universidade Federal de Uberlândia – Instituto de Geociências, 2007. **Anais...** Uberlândia, 2007.

SCHULZE-HOFER, C.; MARCHIORI, J. N. C. **O uso da madeira nas reduções Jesuítico-guarani do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: IPHAM, 2009.

STRAHLER, A. N. **Dynamic basis of Geomorphology**. Geol. Soc.America Bulletin. 1952.

STRECK, E. V., *et al.* **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2002. 127p.

_____. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222 p.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Deserto Grande do Sul - Controvérsia**. 2 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1998. 109 p.

_____. Notas sobre a Epistemologia da Geografia. **Cadernos Geográficos**, Florianópolis: Imprensa Universitária, 2005. 63 p.

SUERTEGARAY, D. M. A., *et al.* **Atlas de Arenização: Sudoeste do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e Planejamento, 2001. v. 1. Atlas.

TRAININI, D. R. **A influência da neotectônica no assoreamento de bacias**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., João Pessoa, 2005. **Anais...** João Pessoa: ABRH, 2005. 1 CD-ROM.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Metodologia para Mapeamento para Mapeamento Geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 11, 2005. **Anais...** 2005.

TRENTIN, R. **Definição de Unidades Geoambientais na bacia hidrográfica do Rio Itu**.- Oeste do Rio Grande do Sul. 2007. 140 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. de S. Mapeamento Morfolitológico da Bacia Hidrográfica do Rio Itú. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/regional Conference on Geomorphology, 2006, Goiânia. **Anais...**, 2006. p. 1-15.

_____. **Mapeamento do Uso da Terra na Bacia Hidrográfica do Rio Itu - Oeste do Rio Grande do Sul**. Geografia. Ensino & Pesquisa, v. 12, p. 361-375, 2008.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE/SUPREN, 1977. 97 p.

_____. **Principes et Méthodes de la geomorphologie Masson.** Paris: et Ce, Editeurs, 1965.

TROLL, C. **Die geografische landschaft und ihre erforschung.** Studium Generale 3: Springer, Heidelberg, German Democratic Republic. p. 163-181.1950.

_____. **A paisagem geográfica e sua investigação.** Espaço e Cultura. Rio de Janeiro, 1997. 7 p.

TROPMAIR, H. Geomorfologia e Ecologia. **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro - SP, 20 (39), p. 32-43, 1990.

_____. Sistemas, Geossistemas, Geossistemas Paulistas, Ecologia da Paisagem. **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro – SP, 2004.

TUCCI, C. E. M. (Org). **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** Porto Alegre: Editora da ABRH:UDUSP, 1993.

UAGODA, R. E. S. **Degraus de abatimento. Estudo comparativo em cabeceira de drenagem: Bacia Hidrográfica do arroio Puitã e bacia hidrográfica das nascentes do rio das Antas/RS.** 2004. 105 f. Monografia (Graduação em Geografia) - Instituto de Geociências, Curso de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

VEDOVELLO, R. Aplicações da Cartografia Geoambiental. In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 5., 2004. **Anais...** São Carlos, 2004.

VEIGA, P.; MEDEIROS, E. R. e SUERTEGARAY, D. M. A. . A gênese dos Campos de Areia no Município de Quaraí, RS. Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, A gênese dos Campos de Areia no Município de Quaraí, RS, 1987. **Anais.** Porto Alegre, 1987.

VERDUM, R. **Approche Géographique des “Deserts” Dans les Communes de São Francisco de Assis et Manuel Viana - Etat du Rio Grande do Sul, Brésil.** Tese de Doutorado. França: Université de Toulouse Le Mirail - UFR de Géographie, 1997. 211p.

_____. Os geógrafos frente às dinâmicas sócio-ambientais no Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 16, p.91-94, 2005.

VERDUM, R. *et al.* Percepção da paisagem na instalação de aerogeradores no Rio Grande do Sul. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 12, 2007. **Anais...** Natal - Rio Grande do Norte, 2007. 21 p.

VERDUM, R., *et al.* **Rio Grande do Sul: paisagens e territórios em transformação.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. 319 p.

VILLELA, S. M.; MATOS, A. **Hidrologia Aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

WILDNER, W; RAMGRAG, G. E.; LOPES R. C.; IGLESIAS, C. M. F. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul.** Escala 1:750000. CPRM, Serviço Geológico do Brasil. Porto Alegre, RS. 2006.

WENTWORTH, C.K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, n. 30, p. 377-392. 1922.

WMO. WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Climatic Change. **Technical Note**, WMO - nº 195.TP100, n. 79, 79 p, 1995.

XAVIER DA SILVA, J. Geomorfologia e Geoprocessamento. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

ZUQUETTE, L. V. **Análise Crítica sobre Cartografia Geotécnica e proposta metodológica para as Condições Brasileiras.** 1987. 673 f. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos/USP, São Carlos, 1987.

ZUQUETE, L. V.; GANDOLFI, N. **Cartografia Geotécnica.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 190 p.