

Leandro Pansonato Cazula

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ANÁLISE MULTITEMPORAL –
1985 A 2011 – DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO LAJEADO/SP
– BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação – Mestrado em Geografia – CPTL/UFMS – Área de Concentração Análise Geoambiental e Produção do Território, como exigência final para obtenção do Título de Mestre em Geografia, sob orientação da Prof.^a Dr.^a Patrícia Helena Mirandola.

**Três Lagoas/MS
2012**

Termo de aprovação

Leandro Pansonato Cazula

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ANÁLISE MULTITEMPORAL – 1985 A 2011 – DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO LAJEADO/SP – BRASIL

*Dissertação apresentada como requisito parcial do grau de mestre em Geografia, da
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul pela seguinte banca examinadora:*

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Patrícia Helena Mirandola
Curso de Geografia e Programa de Pós-Graduação em Geografia –
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Campus
de Três Lagoas

Prof. Dr. Antônio Cezar Leal
Departamento de Geografia – Universidade Estadual Paulista Júlio
de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências e Tecnologia de
Presidente Prudente/SP

Prof. Dr. Luiz da Rosa Garcia Netto
Curso de Geografia e Programa de Pós-Graduação em Geografia –
Universidade Federal de Mato Grosso – Cuiabá

Suplente: Prof. Dr. André Luiz Pinto
Curso de Geografia e Programa de Pós-Graduação em Geografia –
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Campus
de Três Lagoas

Este trabalho sucintamente é dedicado à minha mãe, Irani, pelo incessante desempenho de suas atribuições como genitora, avó... a meu pai, Jesus (*in memoriam*), que em sua intensa humildade de ser tanto almejou o melhor desejo a seus filhos...

AGRADECIMENTOS

À professora Dr.^a Patrícia Helena Mirandola, por orientar esse trabalho com dedicação e profissionalismo e pela amizade construída no decorrer desses anos de convívio.

Ao Prof. Dr. Arnaldo Yoso Sakamoto pelo esforço em coordenar com empenho e afincos o Programa de Pós-Graduação em Geografia do Campus de Três Lagoas da UFMS e à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa fornecida e auxílio financeiro aos trabalhos referentes ao desenvolvimento desta pesquisa.

Aos demais professores do Programa, Prof. Dr. André Luiz Pinto, Prof. Dr. Ailton Luchiani, Prof.^a Dr.^a Rosemeire Aparecida de Almeida, Prof. Dr. Hervé Quénot, Prof. Dr. Francisco José Avelino Junior, Prof.^a Dr.^a Luiza Luciana Salvi, Prof.^a Dr.^a Edima Aranha Silva, Prof. Dr. Wallace de Oliveira que contribuíram para a minha formação, e ainda ao Geólogo Prof. Dr. José Luís Lorenz Silva. Agradeço em especial ao Prof. Dr. Antônio Cezar Leal e Prof. Dr. Luiz da Rosa Garcia Netto, membros desta banca.

Aos demais alunos (as), companheiros de pós-graduação, Dayse Leonel, Dóri Lopes, Eduardo Margarit, Fabio Martinelli, Glaucia Fialho, Hansi Miller, Maria Rosângela Bedun, Patrícia Milani, Sirlene Paulo, Vinicius Belon e Waldélia de Freitas, por trilharmos e partilharmos juntos os anseios do mestrado em geografia.

À todos funcionários e técnicos, servidores públicos e privados, por serem prestativos e sensatos ao meu comprometimento acadêmico, em especial ao secretário do mestrado Michel Tosta.

Aos integrantes, participantes e professores do Grupo de Teatro Identidade, pelo carinho e atenção às minhas distintas atividades, em especial Tatiana Mizobe, Juliana Santos, Carol Feliciano, Bruna Franco, Prof. Dr. Wagner Corsino Eneidino, Ana Paula Andrade, Glaucia Lemes, Família Higa, Prof. Valdeci Fontoura e tantos outros.

À equipe do Departamento de Cultura de Três Lagoas, na qual em nome da diretora Vickie Vituri agradeço a todos pelo apoio e compreensão à minha pós-graduação.

Aos constantes amigos que sempre estão por perto nas mais distintas situações, me apoiando e amparando durante a realização desta pesquisa, em especial aos Geógrafos Mariana Lemes, Hermiliano Decco, Cesar Cardoso, Franciele Gonçalves, Ana Gabriela Bueno, Cristovam Henrique, Mônica Gonzaga, e às demais amigas conquistadas e mantidas durante esses últimos anos, em especial Flávio Fardin, Evely Vitória, Ana Carolina Gonçalves, Rafaela Penrabel e família, Alexandre Toledo, Thiago Ramalho, Augusta Rufino, Janaína Violin, Monika Norte, Luiz Colevatti, Larissa Nogueira, Regiane Alonso, Patrícia Oliveira, Prof.^a Anecy, e a tantos outros (as) amigos (as) que se mantiveram presentes ou não.

Agradeço a todos os meus familiares por estarem me apoiando à essa formação, em especial à minha mãe Irani e ao meu pai Jesus, hoje não presente, que tanto me apoiou para inserir-me na pós-graduação. Aos meus irmãos Luciano e Lucilene, seus cônjuges Josi e Cesar e seus filhos, meus sobrinhos, Ana Beatriz e Gabriel Henrique. Ao meu avô materno Antônio Cazula, que em sua longa idade se faz consciente em me apoiar.

Agradeço sobretudo a Deus – Pai e Mãe, por me guiar e se fazer presente em todos os momentos de minha vida.

“Sinto-me nascido a cada momento para a eterna novidade do Mundo”
(*Alberto Caieiro – por Rubem Alves*)

RESUMO

Esta pesquisa objetiva realizar uma análise multitemporal (1985 a 2011) da situação da cobertura dos usos e coberturas da terra da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Lajeado. Essa bacia hidrográfica está localizada a noroeste do estado de São Paulo ocupando áreas de cinco municípios. Parte da bacia hidrográfica destaca-se dentre as outras bacias do Estado por ter um Comitê próprio criado em 1991 em parceria com o poder público, a comunidade e a iniciativa privada. Tal bacia hidrográfica encontra-se, atualmente, com problemas ambientais relacionados ao atual crescimento do setor sucroalcooleiro que leva a uma intensa busca por novas áreas agrícolas com aptidão para a expansão da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. Sendo assim, a presente pesquisa abordará os aspectos geoambientais da bacia, as condições de uso e ocupação da terra e os índices atuais da vegetação original. A base metodológica utilizada é da análise geossistêmica, na qual foram realizados levantamentos bibliográficos e cartográficos, além de trabalhos de campo e de gabinete. Para estruturação da pesquisa se estabeleceu um Sistema de Informação Geográfica, utilizando imagens de satélite LANDSAT-7 ETM+ e LANDSAT-5 TM, cartas topográficas IGGSP (Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo) e pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) de escala 1:50.000 com Projeção Universal Transversa de Mercator. Os softwares utilizados foram o SPRING 5.2 para estruturação do banco de dados e processamento de imagens digitais, o software Global Mapper v8 para determinar os limites da bacia, delimitação da rede de canais e delimitação das sub-bacias mais representativas, e o Corel Draw X3 para confecção final das imagens e dos mapas. Ao se mapear e quantificar os dados sobre uso das terras, hidrografia, relevo e Áreas de Preservação Permanente, será observado distinção entre o que estabelece a legislação e a realidade atual de uso das terras da bacia hidrográfica. O maior aumento do plantio da cana-de-açúcar ocorreu de 1978 a 1995, caracterizando, assim, a influência dos incentivos governamentais para o seu cultivo. A supressão de pastagens e os reflorestamentos também contribuíram para a expansão do plantio da cana-de-açúcar.

Palavras-chave: Geotecnologias, Planejamento Ambiental, Recursos Hídricos.

SOMMAIRE

Cette recherche vise à réaliser un plan pluriannuel (1985 à 2011) la situation de la couverture des usages et de la couverture terrestre du bassin Ribeirão Lajeado. Ce bassin est situé au nord-ouest de l'État São Paulo occupant une superficie de cinq municipalités. Une partie du bassin se distingue parmi les autres bassins du d'État pour avoir un propre Comité créé en 1991 en partenariat avec le gouvernement, la communauté et le secteur privé. Ce bassin est actuellement avec les problèmes environnementaux liés à la croissance actuelle de ce secteur la canne à sucre conduit à une intense recherche de nouvelles zones agricoles avec d'aptitude à l'expansion de la canne à sucre à São Paulo. Ainsi, cette recherche se penchera sur les aspects de bassin géo-environnemental, les conditions d'utilisation et l'occupation des terres et les taux actuels de la végétation d'origine. La méthodologie utilisée est basée sur l'analyse geossistêmica, qui ont été menées étude de la littérature et de la cartographie, et travail sur le terrain et le laboratoire. Pour structurer la recherche a mis en place un système d'information géographique, en utilisant des images satellitaires LANDSAT-7 ETM + et Landsat-5 TM, topographique IGGSP (Institut Géographique et Géologique São Paulo) et par l'IBGE (Institut Brésilien de Géographie et Statistiques) de l'échelle de 1:50.000 avec Universal Transverse Mercator Projection. Les logiciels utilisés étaient de SPRING 5.2 pour le structurer la base de données et de traitement de l'image, Global Mapper v8 logiciel pour déterminer les limites de la frontière bassin du réseau de canaux et de délimitation des sous-bassins plus représentatif, et Corel Draw X3 La préparation finale des images et des cartes. Lorsque la carte et de quantifier des données sur l'utilisation des terres, de l'hydrographie, la topographie et aires de conservation permanentes, sera célébrée distinction entre la common law et la réalité de l'utilisation actuelle des terres du bassin versant. La plus forte augmentation dans la plantation de canne à sucre s'est produite de 1978 à 1995, caractériser l'influence des incitatifs gouvernementaux pour sa culture. La suppression de pâturages et de reboisement ont également contribué à l'expansion des plantations de canne à sucre.

Mots-clés: Geo-technologies, la planification environnementale, ressources en eau.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	XI
LISTA DE GRÁFICOS.....	XIII
LISTA DE TABELAS.....	XV
LISTA DE QUADROS.....	XVII
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	XVIII
CAPÍTULO 1.....	21
1. INTRODUÇÃO.....	22
1.2 OBJETIVOS.....	26
1.2.1 OBJETIVO GERAL.....	26
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
CAPÍTULO 2.....	28
2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	29
2.1 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANÁ.....	29
2.2 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIETÊ.....	31
2.3 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO LAJEADO.....	34
CAPÍTULO 3.....	37
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	38
3.1 BACIA HIDROGRÁFICA – UNIDADE DE PLANEJAMENTO.....	38
3.2 TEORIA GERAL DOS SISTEMAS.....	49
3.3 O SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA – SIG – NA ANÁLISE AMBIENTAL.....	52
3.4 PLANEJAMENTO AMBIENTAL.....	57
3.4.1 Novo Código Florestal – 2012.....	62
3.5 A EXPANSÃO DO CULTIVO DE CANA-DE-AÇUCAR NO BRASIL E NO ESTADO DE SÃO PAULO.....	66
CAPÍTULO 4.....	73
4 METODOLOGIA.....	74

4.1 TRABALHOS DE GABINETE.....	74
4.1.1 Levantamento bibliográfico.....	74
4.1.2 Levantamento de dados secundários.....	75
4.1.3 Elaboração da base cartográfica.....	75
4.2 COMPOSIÇÃO TEÓRICA DA ESTRUTURA SISTÊMICA.....	76
4.3 LEVANTAMENTO DA BASE OPERACIONAL.....	76
4.4 USO DE GEOTECNOLOGIAS – IMPLANTAÇÃO DO BANCO DE DADOS, PROJETO, MODELO DE DADOS E PAINEL DE CONTROLE.....	78
4.4.1 Processamento Digital de Imagens.....	82
4.4.2 Registro de Imagem.....	83
4.4.3 Recorte das Imagens.....	85
4.4.4 Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra.....	87
4.4.5 Melhor composição colorida para identificação de vegetação em imagens LANDSAT TM 5.....	87
4.4.6 Realçamento das imagens.....	89
4.4.7 Segmentação das Imagens.....	91
4.4.8 Geração do Arquivo de Contexto e Extração de Regiões.....	93
4.4.9 Classificação da Imagem.....	93
4.4.10 Mapeamento da Imagem.....	95
4.4.10.1 Estratégias para mapear o uso e ocupação da terra.....	95
CAPÍTULO 5.....	101
5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	102
5.1 CLIMA.....	102
5.2 GEOLOGIA.....	108
5.3 GEOMORFOLOGIA.....	110
5.3.1 Características gerais do relevo.....	110
5.4 PEDOLOGIA.....	112
5.4.1 LV – Latossolo vermelho.....	113
5.4.2 PVA – Argilossolo vermelho-amarelo.....	114
5.5 HIDROGRAFIA.....	114

	X
5.6 TOPOGRAFIA.....	119
CAPÍTULO 6.....	126
6 ANÁLISE GERAL DA AGRICULTURA A PARTIR DE DADOS ESTATÍSTICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO LAJEADO/SP.....	127
6.1 ATIVIDADES AGRÍCOLAS – CENSO AGROPECUÁRIO – 2006.....	128
6.2 ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS – 1990-2009.....	135
6.3 A PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR.....	144
CAPÍTULO 7.....	146
7 ALTERAÇÕES AMBIENTAIS NA ÁREA DE ESTUDO.....	147
7.1 ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO LAJEADO – 1985-2011.....	148
7.1.1 Mapeamento do uso e ocupação da terra em 1985.....	149
7.1.2 Mapeamento do uso e ocupação da terra em 1990.....	155
7.1.3 Mapeamento do uso e ocupação da terra em 1995.....	161
7.1.4 Mapeamento do uso e ocupação da terra em 2000.....	167
7.1.5 Mapeamento do uso e ocupação da terra em 2005.....	174
7.1.6 Mapeamento do uso e ocupação da terra em 2011.....	181
7.2. ANÁLISE DA DINÂMICA MULTITEMPORAL POR CLASSES TEMÁTICAS DE USOS DA TERRA.....	193
7.2.1 Análise da dinâmica multitemporal de culturas e solo exposto.....	195
7.2.2 Análise da dinâmica multitemporal de pastagens.....	199
7.2.3 Análise da dinâmica multitemporal de vegetação natural.....	203
CAPÍTULO 8.....	208
8 CONSIDERAÇÕES.....	209
CAPÍTULO 9.....	214
9 BIBLIOGRAFIA.....	215
ANEXO.....	223

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Mapa das bacias hidrográficas do Brasil e localização da Bacia Hidrográfica do Rio Paraná.....	30
Figura 2: Mapa da bacia hidrográfica do rio Tietê – SP e suas UGRH.....	33
Figura 3: Imagem da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.....	35
Figura 4: Módulo de criação do Banco de Dados, Projeto, Modelo de Dados e Painel de Controle no Sistema de Informação Geográfica SPRING 5.2.....	81
Figura 5: Módulo de Registro no Sistema de Informação Geográfica SPRING 5.2 e pontos determinados na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.....	84
Figura 6: Módulo de Recorte de PI no Sistema de Informação Geográfica SPRING 5.1.3 e imagens da área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, região e recorte.....	86
Figura 7: Módulo de realçamento de contraste no Sistema de Informação Geográfica SPRING 5.2 e imagem sintética da área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.	90
Figura 8: Módulo de segmentação no Sistema de Informação Geográfica SPRING 5.2 e imagem rotulada da área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.....	92
Figura 9: Criação de arquivo contexto para treinamento; treinamento de amostras para mapeamento temático; e módulo classificação no SPRING 5.2.....	94
Figura 10: Módulo análise de amostras e Módulo mapeamento para classes no SPRING.	96
Figura 11: Esquema teórico de construção de uma nomenclatura da cobertura terrestre.	97
Figura 12: Composição de cores das classes de cobertura da terra.....	98
Figura 13: Mapa das feições climáticas individualizadas no estado de São Paulo...	104
Figura 14: Mapa da geologia na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.....	109
Figura 15: Mapa da geomorfologia na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.....	111
Figura 16: Mapa da pedologia na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.....	113
Figura 17: Mapa da rede de drenagem e classificação dos rios da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.....	117
Figura 18: Mapa do modelo numérico do terreno da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.....	121
Figura 19: Mapa do modelo tridimensional da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.....	122
Figura 20: Perfil longitudinal da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.....	123
Figura 21: Perfil transversal próximo da nascente da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.....	123
Figura 22: Perfil transversal próximo da foz da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.	123

Figura 23: Mapa de classes e chaves de identificação para o uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP – 1985.....	150
Figura 24: Mapa de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP – 1985.	152
Figura 25: Mapa de classes e chaves de identificação para o uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP – 1990.....	156
Figura 26: Mapa de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP – 1990.....	158
Figura 27: Mapa de classes e chaves de identificação para o uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP – 1995.....	162
Figura 28: Mapa de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP – 1995.....	164
Figura 29: Mapa de classes e chaves de identificação para o uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP – 2000.....	168
Figura 30: Mapa de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP – 2000.....	170
Figura 31: Mapa de classes e chaves de identificação para o uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP – 2005.....	176
Figura 32: Mapa de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP – 2005.....	178
Figura 33: Fotos de culturas temporárias – cana-de-açúcar – bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP.	182
Figura 34: Fotos de pastagens da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP.....	183
Figura 35: Fotos de solos expostos da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP..	183
Figura 36: Fotos de áreas de vegetação natural da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP.....	184
Figura 37: Fotos de águas da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP.....	184
Figura 38: Fotos de áreas urbanizadas da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP.....	185
Figura 39: Mapa de classes e chaves de identificação para o uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP – 2011.....	187
Figura 40: Mapa de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP – 2011.....	189
Figura 41: Análise da dinâmica multitemporal de uso e ocupação da terra de áreas de agricultura (cultura + solo exposto) na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – 1985-2011.....	198
Figura 42: Análise da dinâmica multitemporal de uso e ocupação da terra de áreas de pastagens na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – 1985-2011.....	202
Figura 43: Análise da dinâmica multitemporal de uso e ocupação da terra de áreas de vegetação natural na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – 1985-2011.....	205

LISTA DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1: Evolução da produção de açúcar no Brasil (1976-2006).....	69
Gráfico 2: Evolução da área plantada e da produção de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo (1976-2006).....	69
Gráfico 3: Brasil: Evolução da produtividade da cana-de-açúcar - 1990 a 2007....	70
Gráficos 4 e 5: Climograma dos municípios de Araçatuba e Lins – Normais Climatológicas (1961-1990).....	107
Gráfico 6: Ocupações das áreas rurais nos municípios de estudo.....	134
Gráficos 7, 8, 9, 10 e 11: Área (km ²) destinada para a produção da lavoura temporária – 1990-2009 – respectivamente nos municípios de Penápolis, Alto Alegre, Barbosa, Braúna e Glicério/SP.....	137
Gráfico 12: Total das áreas (km ²) destinada para a produção da lavoura temporária nos municípios de Penápolis, Alto Alegre, Barbosa, Braúna e Glicério - 1990-2009.....	138
Gráficos 13, 14, 15, 16 e 17: Área (km ²) destinada para a produção da lavoura permanente – 1990-2009 – respectivamente nos municípios de Penápolis, Alto Alegre, Barbosa, Braúna e Glicério/SP.....	140
Gráfico 18: Total das áreas (km ²) destinada para a produção da lavoura permanente nos municípios de Penápolis, Alto Alegre, Barbosa, Braúna e Glicério - 1990-2009.....	141
Gráfico 19, 20, 21, 22 e 23: Efetivo dos rebanhos Bovinos – 1990-2009 – respectivamente nos municípios de Penápolis, Alto Alegre, Barbosa, Braúna e Glicério/SP.....	142
Gráfico 24: Total do Efetivo dos rebanhos Bovinos nos municípios de Penápolis, Alto Alegre, Barbosa, Braúna e Glicério - 1990-2009.....	143
Gráfico 25: Cultura temporária na área dos municípios em estudo.....	144
Gráfico 26: Cálculo de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em 1985.....	154
Gráfico 27: Cálculo de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em 1990.....	159
Gráfico 28: Cálculo de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em 1995.....	165
Gráfico 29: Cálculo de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em 2000.....	172
Gráfico 30: Cálculo de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em 2005.....	179
Gráfico 31: Cálculo de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em 2011.....	191
Gráfico 32: Análise multitemporal de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado de 1985 a 2011.....	195
Gráfico 33: Análise multitemporal de áreas de culturas e solo exposto na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado de 1985 a 2011.....	196
Gráfico 34: Análise multitemporal de áreas de agricultura (cultura + solo exposto) na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado de 1985 a 2011.....	197

Gráfico 35: Análise multitemporal de áreas de pastagens na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado de 1985 a 2011.....	200
Gráfico 36: Análise multitemporal de áreas de vegetação natural na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado de 1985 a 2011.....	204

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1: Municípios localizados na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, população e a área total do município.....	36
Tabela 2: Área colhida, quantidade produzida, rendimento médio, variação da produção em relação à do ano anterior, participação no total da produção nacional e valor da produção, segundo as principais Unidades da Federação produtores de cana-de-açúcar - 2009.....	71
Tabela 3: Datas das imagens LANDSAT TM 5 órbita 222, ponto 75, utilizadas na análise multitemporal.....	78
Tabela 4: Principais características e aplicações da radiação eletromagnética correspondente às bandas do sensor TM do Landsat-5.....	87
Tabela 5: Temperatura média compensada / precipitação acumulada – Normais Climatológicas (1961-1990) dos municípios de Araçatuba e Lins.....	106
Tabela 6: Municípios pertencentes a bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado com a quantificação de sua área ocupada pela bacia e porcentagem.....	115
Tabela 7: Principais Canais/Afluentes do Ribeirão Lajeado e seu comprimento....	115
Tabela 8: Características físicas da Bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.....	119
Tabela 8: Análises hipsométricas da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.....	125
Tabela 10: Número de estabelecimentos agropecuários, área ocupada e percentual.....	129
Tabela 11: Quantidade de estabelecimentos com culturas temporárias, área ocupada e percentual em relação à área total dos estabelecimentos agropecuários.....	129
Tabela 12: Número de estabelecimentos com culturas permanentes, área ocupada e percentual em relação à área total dos estabelecimentos agropecuários.....	130
Tabela 13: Número de estabelecimentos com áreas de pastagens, área ocupada e percentual em relação à área total dos estabelecimentos agropecuários.....	131
Tabela 14: Quantidade de estabelecimentos com bovinos e número de cabeças.....	131
Tabela 15: Quantidade de estabelecimentos com produção de leite de vaca e número de cabeças.....	132
Tabela 16: Número de estabelecimentos com matas e florestas e área ocupada.	133
Tabela 17: Área (km ²) destinada para a produção da lavoura temporária nos municípios de Penápolis, Alto Alegre, Barbosa, Braúna e Glicério - 1990-2009.....	136
Tabela 18: Área (km ²) destinada para a produção da lavoura permanente nos municípios de Penápolis, Alto Alegre, Barbosa, Braúna e Glicério - 1990-2009....	139
Tabela 19: Efetivo dos rebanhos Bovinos nos municípios de Penápolis, Alto Alegre, Barbosa, Braúna e Glicério - 1990-2009.....	142
Tabela 20: Produção anual de cana-de-açúcar nos municípios pertencentes à bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.....	145
Tabela 21: Cálculo de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em 1985.....	153

Tabela 22: Cálculo de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em 1990.....	159
Tabela 23: Cálculo de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em 1995.....	165
Tabela 24: Cálculo de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em 2000.....	171
Tabela 25: Cálculo de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em 2005.....	179
Tabela 26: Cálculo de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em 2011.....	190
Tabela 27: Análise multitemporal de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado de 1985 a 2011.....	194
Tabela 28: Análise multitemporal de áreas de culturas e solo exposto na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado de 1985 a 2011.....	196
Tabela 29: Análise multitemporal de áreas de pastagens na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado de 1985 a 2011.....	200
Tabela 30: Análise multitemporal de áreas de vegetação natural na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado de 1985 a 2011.....	203

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 1: Divisão sistêmica do presente trabalho.....	29
Quadro 2: Faseologia da agroindústria canvieira do Brasil a partir de meados da década de 1970.....	67

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

111	Planícies Aluviais
212	Colinas Amplas
213	Colinas Médias
ANA	Agência Nacional das Águas
ANNEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APP	Área de Preservação Permanente
Aw	Clima tropical, com inverno seco
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CBERS	Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres
CBH-BT	Comitê da Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê
CCD	Charge Coupled Device
CCJ	Comissão de Constituição, Justiça e Cidadania
CESP	Companhia Energética de São Paulo
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CIRL	Consórcio Intermunicipal Ribeirão Lajeado
Cm	Coefficiente de Manutenção
CODASP	Companhia de Desenvolvimento Agrícola do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSECANA	Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Alcool
Cwa	Clima quente, inverno seco, temperatura média acima de 22°C no mês mais quente e abaixo de 18°C no mês mais frio, além de menos de 30 mm de chuva no mês mais seco
DAEE	Departamento de Água e Energia
DAEP	Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Penápolis
Dd	Densidade de Drenagem
EC	Emenda Constitucional
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETM+	Enhanced Thematic Mapper Plus

GIS	Sistemas Geográficos de Informação
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IAA	Instituto do Açúcar e do Alcool
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Ic	Índice de Circularidade
IGC	Instituto Geográfico E Cartográfico
IGGSP	Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPT	Instituto De Pesquisas Tecnológicas
Ir	Índice de Rugosidade
Jksg	Formação Serra Geral
Ka	Formação Geológica Adamantina
LANDSAT	Land Remote Sensing Satellite
LCA	Lei de Crimes Ambientais
LV	Latossolo Vermelho
MAXVER	Máxima Verossimilhança
MNT	Modelo Numérico do Terreno
NASA	Natrional Aeronautics and Space Administration
ORPLANA	Organização de Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil
PIs	Planos de Informação
PLC	Projeto de Lei da Câmara
PRA	Programa de Regularização Ambiental
PROÁLCOOL	Programa Nacional do Alcool
PVA	Argilossolo Vermelho-amarelo
Qa	Depósitos Aluvionares
RL	Reserva Legal
Rr	Relação do Relevo
SIG	Sistema de Informação Geográfica

SINIMA	Sistema Nacional de Informações de Meio Ambiente
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
TM	Thematic Mapper
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UHE	Usina Hidrelétrica
UNICA	União da Agroindústria Canavieira de São Paulo
UTM	Universal Transversa Mercator

***C
A
P
Í
T
U
L
O

1***

1. INTRODUÇÃO

Esta pesquisa realiza uma análise multitemporal, entre os anos 1985 a 2011, da situação da cobertura dos usos e coberturas da terra da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Lajeado, que se localiza na região noroeste do Estado de São Paulo, ocupando áreas de cinco municípios, Alto Alegre, Barbosa, Braúna, Glicério e Penápolis, compreendida entre os paralelos de 21° 11' 52" a 21° 35 '26" de latitude sul e os meridianos de 49° 56' 12" a 50° 20' 26" de longitude oeste de Greenwich (Figura 3, p. 35).

O meio ambiente está sujeito, principalmente nas últimas décadas, a alterações constantes e significativas, em grande parte devido à interação de atividades humanas com o meio físico, em especial a ocupação e o crescimento das monoculturas. Essas atividades, se não planejadas, levam, muitas vezes, ao comprometimento e até a inviabilização de recursos do meio físico.

Uma bacia hidrográfica constitui-se em uma unidade física bem caracterizada, cujo comportamento, perante sua rede de drenagem, é reflexo das interações existentes entre seus componentes físicos, biológicos e socioeconômicos frente as condições ambientais (CHRISTOFOLETTI, 1974). As bacias hidrográficas são entendidas como unidade de estudo, pois dentre outros motivos, estas mantêm uma relação estreita entre os componentes do ambiente e a atividade antrópica. Fica, então, evidente a necessidade de analisar as alterações ocorridas na bacia e quais as influências, positivas e negativas, ocorridas na unidade de estudo, em especial as alterações nos recursos hídricos, na qualidade da água e sedimentação da bacia, uma vez que a qualidade da água depende de como os outros componentes do ambiente são manejados.

Assim é de suma importância se pensar no uso equilibrado da terra, pois na bacia hidrográfica a integração e modificação são sentidas por todos os seus proprietários ou ocupantes, podendo causar reflexos negativos tanto ambientais, sociais, como econômicos.

Os mananciais para serem fontes permanentes de água precisam ser gerenciados adequadamente, respeitando as condições naturais, econômicas e sociais das bacias que os suportam. Diante disso, é primordial a implantação de programas ambientais como: reflorestamento ciliar, manejo de solo, conservação de estradas rurais, caracterização e monitoramento da qualidade da água e da biota aquática, educação ambiental entre outros.

Analisar as alterações do uso e a ocupação da terra na área da bacia do Ribeirão Lajeado, com ferramentas de geotecnologias, como o sensoriamento remoto e o geoprocessamento, e observar a sua conseqüente degradação ambiental em um determinado período de tempo decorre da ação conjunta de fatores de ordem natural, ou seja, as características do meio físico pré-disponíveis a essa degradação e dos fatores de natureza antrópica, que resultam de toda e qualquer atividade humana capaz de modificar, desencadear e/ou acelerar os processos de degradação ambiental na bacia. Esses fatores corroboram e constituem-se em técnicas fundamentais para a manutenção de registros ao longo do tempo.

Utilizar imagens de satélite, em forma digital, é extremamente eficaz, pois permite avaliar as mudanças ocorridas na paisagem de uma região e num dado período, registrando o uso e ocupação da terra em cada momento.

Para o posterior manuseio e análise dos dados provenientes de sensores remotos, os aplicativos usados serão os de processamento digital de imagens e os denominados Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), estes aplicativos são capazes de armazenar, analisar e localizar espacialmente dados de um fenômeno, e também permitem o manuseio e a saída de dados já analisados e tratados. O uso conjugado do sensoriamento remoto e de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) forma um conjunto essencial para determinar a distribuição geográfica do uso e da ocupação da terra em toda extensão da bacia. A partir destas informações espera-se identificar quais os tipos de uso da terra mais incipientes na área de estudo e quais foram as principais alterações na bacia.

Neste contexto, a tecnologia do geoprocessamento e sensoriamento remoto vêm se estabelecendo como ferramentas de rotina para a visualização e análise de informações espaciais, utilizada em aplicações como cartografia de uso da terra, análise e planejamento de transportes, análise geodemográfica, cartografia de redes de infraestruturas e em diversas aplicações de gestão de recursos naturais. Portanto, a geotecnologias é um conjunto de tecnologias de tratamento e análise de informações georreferenciadas. Estas são compostas de hardware, software (SIG) e o usuário que, juntos, se constituem em poderosas ferramentas para tomada de decisão.

A bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado além de servir economicamente aos cinco municípios de sua área de abrangência, é de fundamental importância para o abastecimento público do município de Penápolis, sendo a única forma de

fornecimento d'água para o consumo da população local, além de servir água para diversos moradores, empresas e entidades às margens do ribeirão.

A mudança acentuada no uso da terra da bacia nas décadas de 1970 e 1980 fez com que ocorresse erosão acelerada nas cabeceiras, assoreando os cursos d'água e ameaçando o abastecimento de água ao município de Penápolis. A partir deste problema, a CESP (Companhia Energética de São Paulo) induziu, para que se formasse, em 1991, o Consórcio Intermunicipal Ribeirão Lajeado (CIRL), que conta com o apoio do Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Penápolis (DAEP), prefeitura de Penápolis e da sociedade civil. O CIRL, que ainda se encontra ativo, tem o intuito de fazer um trabalho de recuperação ambiental no ribeirão através da implantação de diversas ações para sua preservação. O trabalho consiste em efetuar a recomposição da mata ciliar, curvas de níveis, bacias coletoras de águas pluviais e conservação de estradas rurais. A área de abrangência-atuação do CIRL foi definida pelo curso do canal principal, e seus efluentes, que ocupam a área de três municípios dos cinco que se inserem na bacia como um todo, Alto Alegre, Barbosa e Penápolis, excluído desse programa todo o curso d'água do Ribeirão Bonito e seus efluentes que ocupam, ainda, a área dos municípios de Braúna e Glicério, além dos municípios de Alto Alegre e Penápolis.

Devido ao crescente desmatamento das matas ciliares e das áreas de preservação permanente para transformá-los em locais para a (re) produção pecuária ou para o cultivo de cana-de-açúcar, a paisagem atual se encontra totalmente modificada. Por isso há a necessidade de uma pesquisa atual com dados reais para efetivar as ações de preservação ambiental na bacia hidrográfica.

Outro fator de relevante modificação na paisagem, e que interferiu na região de menores cotas altimétricas do Ribeirão Lajeado, foi o represamento do Rio Tietê para a construção de Usinas Hidrelétricas (UHE). O caso específico ocorreu no município de Buritama com a edificação da UHE Nova Avanhandava, na década de 1970, que alagou diversos cursos d'água do ribeirão à sua foz no Rio Tietê, além de soerguer outros rios e córregos existentes nas proximidades.

Ressalta-se que a área de estudo compreende o Ribeirão Lajeado, juntamente com o Ribeirão Bonito, seguindo uma divisão de gerenciamento de recursos hídricos a partir de conceitos que definem a bacia hidrográfica como unidade de gestão e administração, abrangendo toda a área entre os dois principais leitos que deságuam no Rio Tietê.

A Lei Federal 9.433, de 8 de janeiro de 1997, instituiu a Política de Recursos Hídricos na qual se adota a bacia hidrográfica como unidade de estudo da interação entre a rede de drenagem e as populações locais, o que envolve o uso desses recursos e os impactos das atividades humanas para os usos múltiplos atuais e futuros da água.

Uma das premissas básicas para a elaboração de programas/projetos de recuperação ambiental sejam eles de continuidade ou implantação é o monitoramento contínuo dos eventos que acontecem em todos os momentos num corpo de água. Uma das grandes dificuldades nas análises de dados ambientais e/ou resultados da implantação de programas é a falta de dados comparativos, pois estes são primordiais na elaboração do replanejamento das ações correntes e na implantação de novas intervenções se necessário.

A experiência tem mostrado que as ações preventivas resultam em relação custo/benefício, mais vantajosa que as corretivas. Essas ações preventivas só são possíveis através da sensibilização da comunidade em geral para a conservação ambiental através de ações conjuntas das instituições envolvidas, desde que o órgão fomentador destas tenha pleno conhecimento dos eventos que ocorrem na bacia. Portanto o conhecimento do estágio ambiental atualizado do ribeirão deve ser obtido através do monitoramento constante do uso e ocupação das bordas, dos resultados da implantação dos reflorestamentos ou enriquecimento ciliar, do manejo conservacionista do solo, etc. Sem o monitoramento ambiental contínuo é impossível a tomada de decisões imediatas, com resultados observáveis e aferimento da eficácia das medidas implementadas.

As diferentes formas de ocupação da terra sejam para uso de urbanização, atividades agropecuárias, organização da paisagem entre outras, determinam o grau de proteção da mesma, contra ações erosivas, poluição difusa etc. que podem afetar negativamente os cursos de água, principalmente as nascentes, contribuindo assim para o assoreamento e em alguns casos ao desaparecimento de cursos de água.

Com papel preponderante na manutenção da biodiversidade e qualidade das águas, a vegetação, principalmente as situadas às margens dos corpos de água, precisam ser protegidas e quando não existentes recompostas. Por isto foram criadas as Áreas de Preservação Permanente (APPs), que são áreas nas quais, por imposição da Lei a vegetação deve ser mantida intacta, tendo em vista garantir a preservação dos recursos hídricos, da estabilidade geológica e da biodiversidade, bem como o bem estar da população humana.

O monitoramento da bacia hidrográfica deve ser realizado constantemente, sendo de suma importância para o conhecimento do processo de ocupação, visto que as mudanças nas “paisagens” do entorno sofrem alterações conforme as necessidades econômicas (uso agropecuário, industrial, etc.) e lazer (ranchos, pesca, etc.).

Almeja-se que esta pesquisa possa contribuir para a sustentabilidade da bacia do Ribeirão Lajeado. Do ponto de vista ambiental o trabalho pretende gerar dados que possam contribuir para a não redução da área de vegetação nativa e possível preservação e ampliação, e para a manutenção da qualidade dos recursos hídricos na região de estudo.

Os resultados, neste trabalho: 1) quantificam o desmatamento dos biomas e dos remanescentes florestais em função do tempo; 2) demonstram indicativos de frentes de desmatamento e possibilita ações preventivas; 3) constrói um banco de dados relacional georreferenciado com intuito de disponibilizar as informações e os produtos gerados para os órgãos gestores municipais e estaduais para que haja uma integração com instrumentos de gestão: outorga, cobrança, enquadramento e mecanismo social.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Gerar informações geoambientais através da metodologia sistêmica, com vistas a subsidiar tomadas de decisões no planejamento ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado principalmente no que tange à conservação da vegetação natural e de suas áreas de preservação permanente - APP.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O trabalho ocorre com as seguintes aplicabilidades:

- Demonstrar a realidade ocupacional na área da bacia hidrográfica, localizar áreas com ocorrência de devastação florestal e analisar suas principais características físicas;

- Determinar os padrões de alteração no uso e cobertura da terra, a partir de informações multitemporais adquiridas em produtos de sensoriamento remoto, levantamentos de campo, dados estatísticos oficiais dos municípios que compõem a área da bacia;
- Recomendar ações sobre o uso da área de estudo de forma sustentável, sem comprometer o meio ambiente em parcimônia com a Legislação Vigente;
- Criar um banco de dados georreferenciados para avaliar a dinâmica ambiental de áreas naturais ameaçadas por ações antrópicas;
- Consolidar a caracterização do meio físico, para subsidiar o planejamento da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado;
- Apresentar diretrizes de usos para as áreas a serem preservadas e conservadas em todo o manancial.

**C
A
P
Í
T
U
L
O
2**

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Na análise sistêmica, adotada neste estudo, temos a bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado como tributário da bacia hidrográfica do Rio Tietê, no seu baixo curso denominado de Baixo Tietê (Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI 19), e como principal sistema, temos a bacia hidrográfica do Rio Paraná, que recebe todas as descargas hídricas dos componentes anteriores. No que se refere à análise sistêmica, determinamos as seguintes denominações para as eventuais áreas hidrológicas: a bacia hidrográfica do Rio Paraná é caracterizada como o “Sistema”, a bacia hidrográfica do Rio Tietê como o “Subsistema” e a bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado é determinada como a “Parte Componente”, sistematizado no quadro abaixo:

Quadro 1: Divisão sistêmica do presente trabalho

Áreas Hidrológicas	Denominação
Bacia Hidrográfica do Rio Paraná	Sistema
Bacia Hidrográfica do Rio Tietê	Subsistema
Bacia Hidrográfica do Ribeirão Lajeado	Parte Componente

Editoração: CAZULA, L. P. 2011.

2.1 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANÁ

A bacia hidrográfica do Rio Paraná localiza-se quase que integralmente entre os paralelos 14° e 27° S de latitude sul e os meridianos de longitude oeste 43° e 60° W, abrange os territórios dos Estados de Mato Grosso do Sul, Paraná, São Paulo e partes dos territórios dos Estados de Minas Gerais e Goiás (Figura 1). Geograficamente limita-se com as seguintes bacias hidrográficas brasileiras: a Amazônica e a do Tocantins-Araguaia, ao norte, do Rio São Francisco, a nordeste, do Atlântico – trecho Leste, a sudeste, com a do Uruguai, ao Sul, e com a do Paraguai, a oeste. Grande parte de sua área está na região sudeste do Brasil (ANA, 2007).

Formado pela confluência dos rios Paranaíba e Grande, no triângulo mineiro, a aproximadamente 20° de latitude sul e 51° de longitude oeste, o Rio Paraná é o segundo rio em extensão na América do Sul e o décimo do mundo em vazão. A bacia hidrográfica abrange mais de 10% do território nacional. Seus principais tributários são os rios Tietê, Paranapanema, Iguaçu e Paraguai (Figura 2).

Em seu percurso, que lhe rendeu o posto de o nono rio mais extenso do mundo, o Rio Paraná demarca a fronteira entre Brasil e Paraguai numa extensão de 190 quilômetros até a foz do Rio Iguaçu.



Figura 1: Mapa das bacias hidrográficas do Brasil e localização da Bacia Hidrográfica do Rio Paraná.

Org.: CAZULA, 2009.

A partir da foz do Rio Iguaçu, no estado do Paraná, o rio muda para direção oeste e passa a ser o limite natural entre Argentina e Paraguai. Na confluência do Rio Paraguai, o rio entra inteiramente em terras argentinas e passa a percorrer a direção sul, desaguando no delta do Paraná e, conseqüentemente, no Rio da Prata.

Possui uma vazão média anual de 15.620 m³/s, volume médio anual de 495 km³ e uma área de drenagem de 1.237.000 km², formada por 8 sub-bacias (ANA, 2007).

A bacia hidrográfica do Paraná, em seu trecho brasileiro, é a que apresenta a maior densidade demográfica do país, levando a um enorme consumo de água para abastecimento, e também para indústria e irrigação. A poluição orgânica e inorgânica (efluentes industriais e agrotóxicos) e a eliminação da mata ciliar também contribuem para elevar o nível de degradação da qualidade da água de grandes extensões dos principais afluentes do trecho superior do rio Paraná, tornando-a

imprópria para uso do homem e para a vida aquática. De sua nascente, no planalto central, até a foz, no estuário do Prata, percorre 4.695 km. Em território brasileiro, drena uma área de 891.000 km² (ANA, 2007).

As variações máximas do nível d'água vão de 3 m em Guairá/PR a 11 m em Jupia, sendo que em média atingem, anualmente, 2 e 6 m, respectivamente, nos locais citados. A declividade média está em torno de 10 a 15 cm/Km; as profundidades mínimas ao longo do canal de navegação, no mesmo período, são da ordem de 1,8 m, atingindo em estiagens excepcionais, nos baixos do Paranapanema e Morumbi (trechos críticos) menos de 1,0m (FRIGOLETTO, 2007).

2.2 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIETÊ

O Rio Tietê é o mais tradicional curso d'água do estado de São Paulo, não só por cortar sua capital, como também por atravessar, praticamente, todo o território paulista, desde os contrafortes da Serra do Mar até o rio Paraná, extremo oeste do estado (SÃO PAULO, 1999).

Nasce no município paulista de Salesópolis, nos contrafortes da Serra do Mar, aproximadamente na cota 1.120 m acima do nível do mar. Embora nascendo a menos de 22 km de distância, em linha reta do oceano suas águas percorrem mais de 3,7 mil km antes de serem lançadas ao estuário do Prata, através do rio Paraná (SÃO PAULO, 1999).

Devido às obras de reversão, as águas de cabeceira são desviadas diretamente para o mar, gerando grande quantidade de energia nas usinas de Cubatão. Desemboca o Rio Tietê no Alto Paraná, pouco à jusante do salto de Urubupungá, afogado pela barragem de Jupia, que represa também as águas do Tietê nos seus últimos quilômetros de percurso, na cota aproximada de 220 m (SÃO PAULO, 1999).

O comprimento total do rio é de 1,15 mil quilômetros e seu desnível entre a desembocadura e as cabeceiras de pouco mais de 860 m o que dá uma declividade média global de 74 cm/km. O grande desnível de seu curso tem sido aproveitado para construção de várias barragens destinadas à produção de energia hidrelétrica. A declividade do leito do Rio Tietê é bastante variável, dependendo da natureza e características dos terrenos atravessados. No primeiro trecho, na Serra do Mar, ela é muito acentuada, reduzindo-se sensivelmente, à medida que o rio se aproxima do

planalto paulistano; considerando-se unicamente o trecho à jusante da capital de São Paulo, até a desembocadura, a declividade média total baixa a menos de 50 cm/km; no trecho encachoeirado entre o fim da canalização do rio, no município de São Paulo até Salto de Itu, num percurso de cerca de 80 km, a declividade aumenta novamente atingindo cerca de 200 cm/km. Daí em diante, a declividade média cai a 30 cm/km (SÃO PAULO, 1999).

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), ligada à Secretaria do Meio Ambiente do governo de São Paulo, iniciou em 1974 a operação da Rede de Monitoramento de Qualidade das Águas Interiores do Estado. As informações obtidas por meio do monitoramento têm possibilitado o conhecimento das condições reinantes nos principais rios e reservatórios situados nas 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs), em que se divide o Estado de São Paulo de acordo com a Lei Estadual n.º 9.034 de 27 de dezembro de 1994. A UGRHI está estruturada no conceito de bacia hidrográfica, onde os recursos hídricos convergem para um corpo d'água principal (SÃO PAULO, 1999).

O Rio Tietê drena uma área composta por seis sub-bacias hidrográficas (Alto Tietê; Piracicaba / Capivari / Jundiá; Tietê / Sorocaba; Tietê / Jacaré; Tietê / Batalha; e Baixo Tietê) em uma das regiões mais ricas do hemisfério sul, e ao longo de sua extensão suas margens banham 62 municípios ribeirinhos (Figura 2).

A Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos n.º 19 – UGRHI 19, correspondente à Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê, localiza-se na região noroeste do estado de São Paulo, desde a barragem da Usina Mário L. Leão (Promissão), até o Rio Paraná, na divisa com o Estado de Mato Grosso do Sul, numa extensão aproximada de 200 km. Sua área de drenagem é de 15.471,81 km², contendo as hidrelétricas de Três Irmãos e Nova Avanhandava (SÃO PAULO, 1999).

A Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê (UGRHI 19) é classificada como importante região de agropecuária. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 1996 a população superava 650 mil habitantes, distribuída por 42 municípios. A taxa de urbanização atingia 89,16%, superior à média brasileira (78,4%) e pouco inferior à média paulista (93,11%). A área total da bacia hidrográfica é dividida em 33 sub-bacias para melhor desenvolvimento dos estudos.

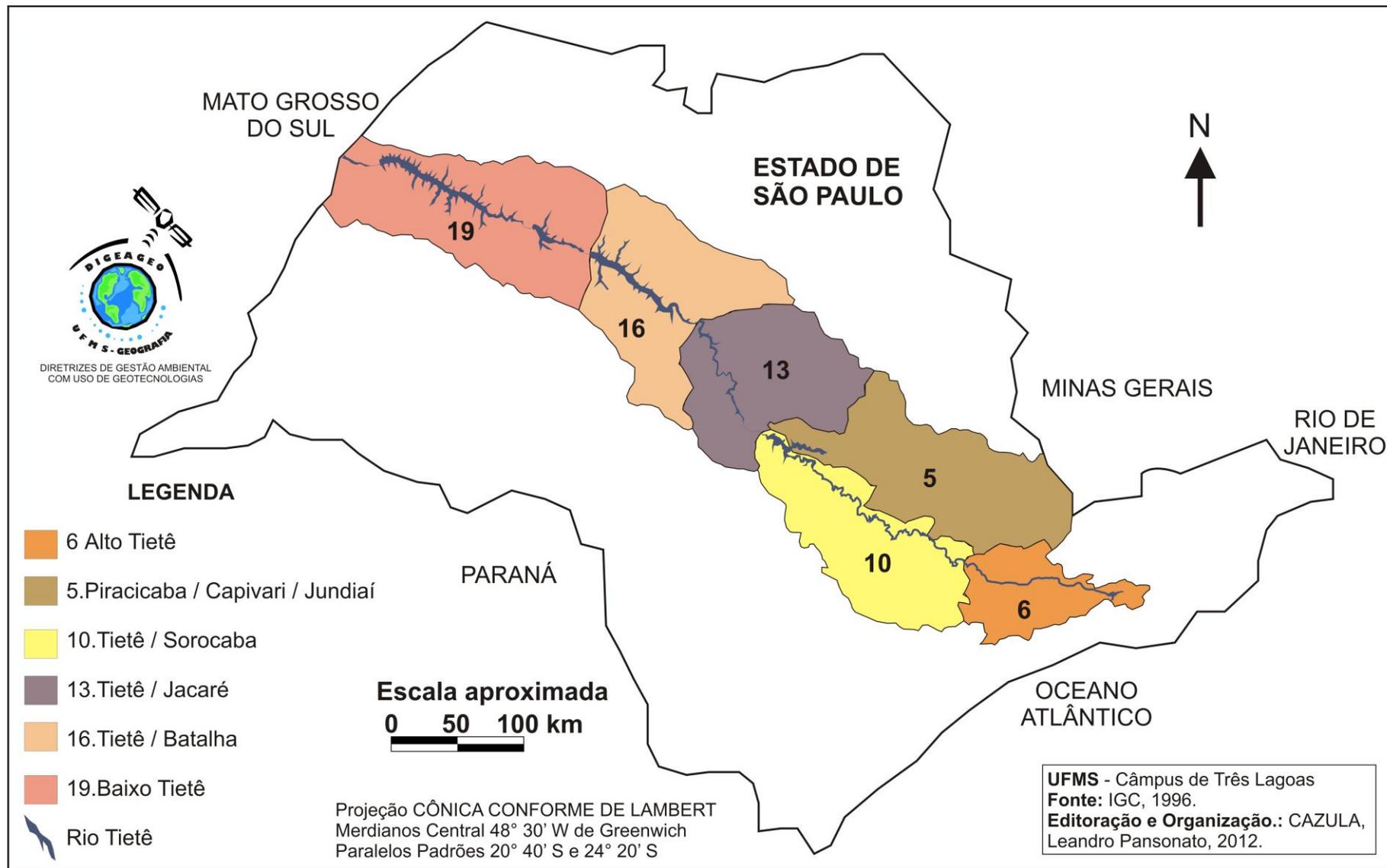


Figura 2: Mapa da bacia hidrográfica do rio Tietê – SP e suas UGRH.
Editoração: CAZULA, 2012.

A Bacia hidrográfica do Baixo Tietê foi intensamente desmatada a partir da década de 30, provocando fortes processos erosivos, resultando em intensa degradação do solo e assoreamento dos corpos d'água; o percentual de vegetação nativa remanescente é de apenas 4,48%, bem inferior à do Estado, que é de 13,7%. (SÃO PAULO, 1999).

2.3 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO LAJEADO

A bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, objeto deste estudo, pertence aos municípios de Alto Alegre, Braúna, Barbosa, Glicério e Penápolis e é de grande importância socioeconômica e ambiental para a região. A mesma localiza-se na região noroeste do Estado de São Paulo, entre os paralelos de 21° 11' 52" a 21° 35' 26" de latitude sul e os meridianos de 49° 56' 12" a 50° 20' 26" de longitude oeste de Greenwich (Figura 3). Os recursos hídricos provenientes desta bacia hidrográfica são utilizados para diversos fins, para o uso agrícola, o abastecimento de parte da população inserida nesta região, para o lazer, o turismo, etc.

No Estado de São Paulo a Lei 7663/91, regulamentou a Constituição Paulista, instituindo a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Através desta mesma Lei foi criada 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRH), sendo uma delas a UGRH 19, Comitê da Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê (CBH-BT) que integra 42 municípios, inclusive os municípios que fazem parte da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

O Ribeirão Lajeado nasce na divisa de Penápolis e Alto Alegre. Com extensão, do seu curso principal, de 61,845 km desaguando no Rio Tietê, ou seja, no lago da barragem da usina hidroelétrica de Nova Avanhandava, entre Penápolis e Glicério.

O Ribeirão Lajeado é tributário do rio Tietê, adjacente com o Ribeirão Bonito, no seu curso médio-baixo, imediatamente a montante da Usina Hidrelétrica Nova Avanhandava, da Companhia Energética de São Paulo (CESP), localizada no município de Buritama/SP.

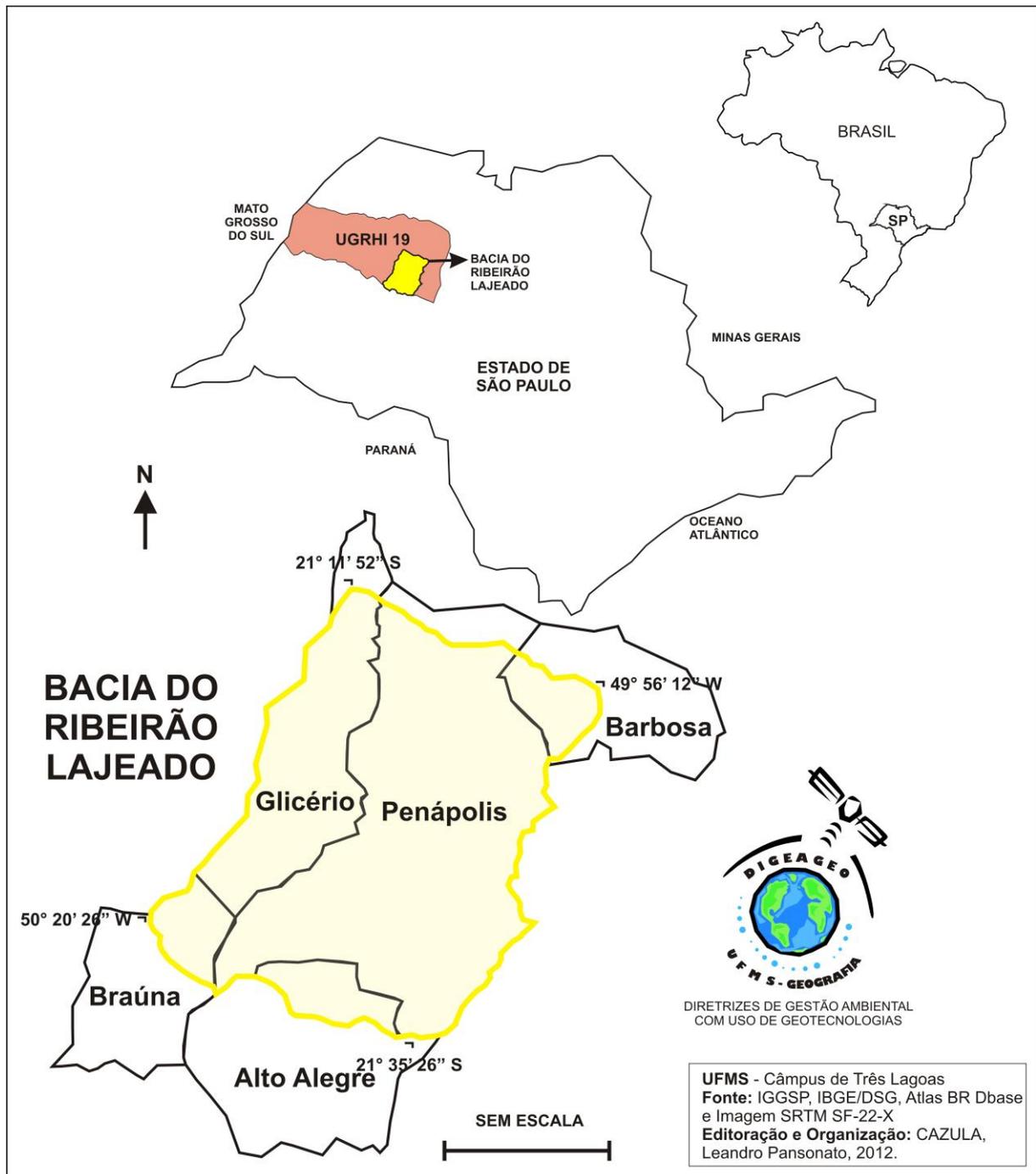


Figura 3: Mapa de localização da área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP.
Org.: CAZULA, 2012.

A bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado drena a área de cinco municípios, Alto Alegre, Barbosa, Braúna, Glicério e Penápolis, sendo um sistema que sustenta diversas atividades econômicas de relevância para estes (Tabela 1). A bacia hidrográfica situa-se em quase toda a área do município de Penápolis, cidade sede da comarca que leva o seu nome.

O município que exerce maior influência sobre a área da bacia hidrográfica é Penápolis, por possuir a maior população, e a maior parte de seu território estão

inseridos na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado. Posteriormente o município Glicério apresenta-se com maior território inserido na área da bacia.

Tabela 1: Municípios localizados na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, população e a área total do município

Municípios	Habitantes	%	Área - km²	%
Alto Alegre	4.102	5	320,2	19
Barbosa	6.593	8	205,2	12
Braúna	5.021	7	195,3	11
Glicério	4.565	6	273,6	16
Penápolis	58.510	74	710,8	42
TOTAL	78.791	100	1.705,1	100

Fonte: IBGE, 2011.

Editoração: CAZULA, 2012.

Nos demais municípios (Alto Alegre, Barbosa e Braúna), observa-se que partes deles estão pouco inseridas na área da bacia hidrográfica, ocupando porcentagem bem menor em relação aos dois primeiros.

**C
A
P
Í
T
U
L
O
3**

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo apresentaremos os conceitos de Teoria Geral dos Sistemas (método), Bacia Hidrográfica (objeto de estudo) e Geotecnologias (metodologia de análise).

A teoria Geral dos Sistemas tem como objeto formular princípios válidos para sistemas em geral, qualquer que seja a natureza dos elementos que os compõem e as relações ou forças existentes entre eles. A estrutura da realidade permite a aplicação dos conceitos da Teoria Geral dos Sistemas, pois não se apresenta tão caótica a ponto de não permitir a formulação de esquemas relativamente simples. As leis científicas representam apenas algumas abstrações sobre certos aspectos da realidade, ou seja, trabalham com modelos (BERTALANFFY, 1975 apud CORREIA JUNIOR, 2006, p. 16).

Mirandola-Avelino (2006, p. 16) afirma que para que haja a possibilidade de se efetivar uma proposta de avaliação ambiental, muitas etapas de pesquisa devem ser realizadas em uma determinada área, região, bacia hidrográfica, município ou qualquer outra forma de delimitação operacional, buscando atender a vários objetivos, dentre eles os diagnósticos e prognósticos ambientais.

Segundo Macedo (1995 apud MIRANDOLA-AVELINO, 2006), a finalidade básica de um diagnóstico ambiental é a identificação dos quadros físico, biótico e antrópico de uma dada região, mediante seus fatores ambientais constituintes e, sobretudo, as relações de modo a evidenciar o comportamento e as funcionalidades dos ecossistemas que realizam.

Assim, esta proposta de estudo envolverá condicionantes associados ao campo de Impactos Ambientais, Teoria Geral dos Sistemas e Geoprocessamento como suporte teórico para a Análise Geoambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

3.1 BACIA HIDROGRÁFICA – UNIDADE DE PLANEJAMENTO

Segundo Christofolletti (1980), as bacias hidrográficas são compostas por um conjunto de canais de escoamento de água. A quantidade de água que a bacia hidrográfica vai receber depende do tamanho da área ocupada pela bacia hidrográfica e por processos naturais que envolvem precipitação, evaporação,

infiltração, escoamento, etc. Também compreendida como rede hidrográfica, a mesma é uma unidade natural que recebe a influência da região que drena, é um receptor de todas as interferências naturais e antrópicas que ocorrem na sua área tais como: topografia, vegetação, clima, uso e ocupação etc. Assim um corpo de água é o reflexo da contribuição das áreas no entorno, que é a sua bacia hidrográfica. O principal componente de uma bacia hidrográfica é a água.

Segundo Pissarra e Politano (2004) os elementos que compõem uma bacia hidrográfica e suas características são:

A planície de inundação é aquela extensão do terreno geralmente plana, na posição baixa, que normalmente se apresenta como extensões contíguas aos canais de drenagem. [...] O interflúvio é identificado como “terras altas” situadas entre duas planícies de inundação e composto pelas encostas e pelo divisor, constituindo-se, desse modo, na porção do terreno de maior expressão para o uso agrícola. [...] As encostas ou vertentes são os locais onde ocorre a máxima manifestação dos processos hidrológicos. Na parte mais alta situa-se a área de maior valor florestal, e de acordo com suas características ecológicas e hidrológicas é considerada como pertencente à classe de uso florestal. (p. 30-31. Grifos meus).

Devido a estas características ganha relevância o manejo e conservação das redes hidrográficas, objetivando a manutenção da qualidade, quantidade e regularidade da água para seus diversos usos como geração de energia, abastecimento público, irrigação, uso industrial, lazer, recreação, turismo entre outros.

Os setores de saneamento do país consideram que a degradação dos mananciais gera problemas operacionais e econômicos. Os custos operacionais para o tratamento da água e a manutenção do atendimento a demanda, aumentam paulatinamente com a redução da qualidade, quantidade e regularidade da água, podendo levar até a inviabilização do sistema e a busca de alternativas técnicas de tratamento ou locacionais. Desta forma programas de conservação dos mananciais são ou deveriam ser prioridades para estes setores.

Com o crescente uso da água para diversos fins, e o estado de degradação em que se encontram os mananciais, é necessário administrar sua disponibilidade e uso, além do conhecimento atualizado do quadro degradante, quando houver, e criar processos de gerenciamento para sua recuperação e ou conservação, assegurando desta maneira a qualidade e quantidade dos recursos que esta pode oferecer.

A bacia hidrográfica de um rio até sua seção considerada, ou exutório, é a área de drenagem que contém o conjunto de cursos de água que convergem para

esse rio, até a seção considerada, sendo, portanto, limitada em superfície a montante, pelos divisores de água, que correspondem aos pontos mais elevados do terreno e que separam bacias hidrográficas adjacentes. O conjunto de cursos de água denominada rede de drenagem, está estruturada, com todos seus canais, para escoar a água e os detritos.

Algumas características morfológicas analisadas, que segundo Christofolletti (1988), podemos mensurar assim:

- Forma: a forma superficial de uma bacia hidrográfica é importante devido ao tempo de concentração, definido como o tempo, a partir do início da precipitação, que uma gota de água da chuva leva para percorrer a distância entre o ponto mais afastado da bacia hidrográfica e o seu exutório.

- Relevo: o relevo de uma bacia hidrográfica e, principalmente a declividade dos seus terrenos, exerce grande influência sobre a velocidade do escoamento superficial, afetando, portanto, o tempo que a água da chuva leva para concentrar-se nos leitos fluviais, constituintes da rede de drenagem das bacias hidrográficas.

- Padrão de Drenagem: o padrão de drenagem constitui o arranjo, em planta dos rios e cursos de água dentro de uma bacia hidrográfica. O conhecimento das ramificações e do desenvolvimento do sistema de drenagem permite avaliar a velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica.

Sobre a dinâmica fluvial, uma corrente encontra-se em equilíbrio fluvial quando não se verifica, em qualquer ponto de seu curso, erosão ou deposição de material. O perfil de equilíbrio de um rio é influenciado por muitos fatores, como volume e carga da corrente, tamanho e peso da carga, declividade, etc. Nos pontos em que a velocidade aumenta, ocorre erosão, já onde há decréscimo de velocidade, tem lugar a sedimentação.

A identificação da ocupação e uso da terra em escala multitemporal constitui-se em importantíssimo elemento num estudo ligado à temática ambiental, pois o estudo comparativo e atualizado auxiliará a identificação e localização dos agentes responsáveis pelas condições ambientais da área. Além disso, promoverá indicações do mau uso da terra, e assim sendo irá auxiliar o planejamento ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, e deste modo agenciar e/ou orientar o “uso adequado da terra”.

O uso do solo com atividades antrópicas indiscriminadas caracteriza-se pelo desequilíbrio mais intenso da dinâmica do ecossistema da

bacia hidrográfica. As atividades agro-silvo-pastoris intensas destroem os solos por intensificar o processo erosivo, proveniente da falta de medidas práticas efetivas de conservação. Conseqüentemente a esse uso, o processo erosivo em bacias hidrográficas se desenvolve, provocando um desgaste excessivo do solo e o seu empobrecimento, sendo um fator muito expressivo de degradação da paisagem, principalmente em atividades agrícolas. (PISSARRA e POLITANO, 2004. p. 43).

A importância de se conhecer o uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado consiste em fornecer subsídios aos planejadores para a ordenação do espaço físico e a previsão dos elementos relativos às necessidades humanas, de modo a garantir um meio ambiente que proporcione qualidade de vida a seus habitantes.

Para planejar e utilizar os recursos hídricos é necessário que haja práticas eficazes de implementação e de viabilização de políticas públicas. Deve se determinar os objetivos de utilização dos recursos naturais, principalmente da água, dentro de uma unidade que é a bacia hidrográfica, pois essa área deve ser zoneada em escalas de prioridade, como por exemplo, o uso e ocupação da terra, agricultura, pesca, conservação, recreação, usos domésticos e industriais da água (TUNDISI, 2003).

A bacia hidrográfica necessita de interpretação para se gerenciar e planejar conflitos resultantes dos usos múltiplos, estabelecendo cenários de longo prazo, almejando o desenvolvimento sustentável e soluções para as áreas degradadas. Nesta perspectiva é necessário lidar com as diferenças existentes, em uma bacia hidrográfica, dentro de um ecossistema, considerando o sistema setorial e local, compreendendo a integração da mesma, concretizando uma visão abrangente dos problemas, dimensionando aspectos sociais e econômicos. O gerenciamento e planejamento dos recursos hídricos devem ser realizados por gerentes de bacias hidrográficas (Comitês de Bacias Hidrográficas), administradores públicos, pesquisadores e sociedade civil, sendo essenciais as ações em conjunto (TUNDISI, 2003).

A adoção da bacia hidrográfica, como unidade de planejamento e gerenciamento, enfatiza a integração econômica e social em processos conceituais. A utilização de tecnologias de proteção, conservação, recuperação e tratamento envolvem processos tecnológicos. Os processos institucionais determinam a integração dos setores públicos e privados em uma unidade fisiográfica, neste caso à bacia hidrográfica, sendo fundamental concretizar a otimização de usos múltiplos e

o desenvolvimento sustentável. A bacia hidrográfica é um exemplo para se concretizar um estudo integrado, além de funcionar como importante instrumento para gerenciamento de recursos, decisões políticas relevantes em meio ambiente e ética ambiental (TUNDISI, 2003).

Algumas características provenientes da bacia hidrográfica a tornam uma unidade bem definida, permitindo a integração multidisciplinar entre diferentes sistemas de gerenciamento, estudo e atividade ambiental, além de permitir aplicação adequada de tecnologias avançadas. Segundo Tundisi (2003, p. 107) a bacia hidrográfica, como unidade de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, representa um avanço conceitual muito importante e integrado da ação.

São várias as características e situações que privilegiam a abordagem da bacia hidrográfica para estudos interdisciplinares, gerenciamento dos usos múltiplos e conservação, que podem ser definidas com as seguintes abordagens:

A bacia hidrográfica é uma unidade física com fronteiras delimitadas, podendo estender-se por várias escalas espaciais [...] É um ecossistema hidrológicamente integrado, com componentes e subsistemas interativos; Oferece oportunidade para o desenvolvimento de parcerias e a resolução de conflitos [...] Permite que a população local participe do processo de decisão [...] Garante visão sistêmica adequada para o treinamento e gerenciamento de recursos hídricos e para o controle da eutrofização [...] É uma forma racional de organização do banco de dados; Garante alternativas para o uso dos mananciais e de seus recursos; É uma abordagem adequada para proporcionar a elaboração de um banco de dados sobre componentes biogeofísicos, econômicos e sociais; Sendo uma unidade física, com limites bem definidos, o manancial garante uma base de integração institucional [...] A abordagem de manancial promove a integração de cientistas, gerentes e tomadores de decisão com o público em geral, permitindo que eles trabalhem juntos em uma unidade física com limites definidos. Promove a integração institucional necessária para o gerenciamento do desenvolvimento sustentável. (TUNDISI, 2003, p. 108).

Ressalta-se, no entanto, que o gerenciamento e planejamento numa bacia hidrográfica ultrapassam as barreiras políticas entre municípios, estados e países, concretizando uma unidade física de gestão e análise sistêmica, possibilitando o desenvolvimento econômico e social. Utilizar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento propicia um conjunto de indicadores, fornecedores de índices de qualidade, que podem representar um passo importante na consolidação e da descentralização e do gerenciamento, favorecendo a conservação e preservação ambiental, estimulando a integração da comunidade e de instituições.

Conforme Tundisi (2003) deve-se considerar alguns aspectos para se obter uma base de conhecimento sobre uma bacia hidrográfica durante um estudo. Predominam, nesta perspectiva, as seguintes questões: o reconhecimento das incertezas; reconhecer que as decisões políticas de gerenciamento e planejamento a serem adotadas não serão soluções exatas, mas adaptativas e em etapas, definindo novas ideias e outros métodos para o processo; desenvolver a capacidade preditiva com interações entre clientes, usuários e planejadores e gestores. Os objetivos devem ser precisos, através de um gerenciamento integrado, preditivo, adaptativo, avanço por etapas, introdução de ecotecnologias adequadas e implantação de sistemas de suporte à decisão com participação integrada, perante a realidade da unidade (TUNDISI, 2003).

O grande desafio no gerenciamento de recursos hídricos em nível municipal é a conservação dos mananciais e a preservação das fontes de abastecimentos superficiais e/ou subterrâneas. A conservação deve ser efetivada através dos usos da terra, otimizando o reflorestamento e a proteção da vegetação, principalmente das matas ciliares, gerando inúmeras oportunidades de desenvolvimento econômico e social, com o replantio das áreas degradadas, bem como da proteção das áreas preservadas.

O gerenciamento integrado dos recursos hídricos é uma das soluções para a conservação dos mananciais, proposto por Tundisi (2003), o qual é um método aplicado que objetiva o planejamento abrangente e integrado. As ações devem envolver planejamento, políticas públicas, tecnologias e educação, em processos de longo prazo envolvendo o público em geral, além das instituições públicas e privadas. O uso e serviços dos ecossistemas aquáticos exigem ampla e completa análise e avaliação num contexto local, regional e global (ROSENGRANT, 1996 apud TUNDISI, 2003). Para que ocorra o planejamento e gerenciamento integrado dos mananciais é imprescindível a resolução de conflitos e a otimização dos recursos naturais, sendo que é necessário considerar alguns tópicos:

Bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento, planejamento e ação. Água como fator econômico. Plano articulado com projetos sociais e econômicos. Participação da comunidade, usuários, organizações. Educação sanitária e ambiental da comunidade. Treinamento técnico. Monitoramento permanente, com a participação da comunidade. Integração entre engenharia, operação e gerenciamento de ecossistemas aquáticos. Permanente prospecção e avaliação de impactos e tendências. Implantação de sistemas de suporte à decisão. (TUNDISI, 2003, p. 117).

O gerenciamento integrado dos recursos hídricos baseia-se na percepção da água como parte integral do ecossistema, recurso natural e bem social e econômico, cuja quantidade determina a natureza de sua utilização. Para satisfazer as necessidades de água nas diversas atividades humanas é necessário considerar o funcionamento dos sistemas aquáticos e a perenidade do recurso, objetivando a preservação dos ecossistemas.

A bacia hidrográfica é uma unidade geofísica bem delimitada, estando presente em todo o território, em várias dimensões, apresenta ciclos hidrológicos e de energia relativa bem caracterizada e integra sistemas a montante, a jusante e as águas subterrâneas e superficiais. Alguns métodos, específicos, para a recuperação e planejamento integrado de bacias hidrográficas, são propostos por Tundisi (2003), determinando a auto-sustentação do sistema, sendo fundamental calcular os custos das ações propostas, evidenciando a relação custo/benefício:

Reflorestamento da bacia hidrográfica, especialmente florestas ripárias, com espécies nativas (para aumentar a capacidade de retenção de sedimentos e nutrientes) [...] Recuperação dos rios da bacia hidrográfica (para diminuição das cargas pontuais) [...] Conservação e recuperação de áreas alagadas como sistemas tampão e de tratamento. Várzeas são importantes sistemas de reciclagem biogeoquímica e de controle de volumes e enchentes. Interferem na quantidade e na qualidade das águas [...] Pré-reservatórios em tributários com altas taxas de material em suspensão [...] Manutenção e expansão de fragmentos florestais na bacia hidrográfica como sistemas tampão, a fim de controlar fontes pontuais. Introdução de corredores florestais de espécies nativas na bacia hidrográfica. Remoção ou inativação química do sedimento dos rios e tributários para controle das cargas pontuais, principalmente do fósforo. Gerenciamento e adequação da aplicação de fertilizantes, pesticidas e herbicidas na bacia hidrográfica, a fim de diminuir fontes não pontuais e controlar eutrofização e toxicidade [...] Controle da erosão e diminuir assoreamento [...] Controle das fontes pontuais e não pontuais de contaminação e eutrofização [...] Tratamento de esgotos domésticos, várias técnicas ecotecnológicas [...] Tratamento dos efluentes industriais e reuso da água. Monitoramento permanente para avaliação de potenciais impactos [...] Proteção das áreas de alta biodiversidade na bacia hidrográfica [...] Gerenciamento integrado dos usos da terra da bacia hidrográfica. (TUNDISI, 2003, p. 117-118).

O planejamento de bacias hidrográficas envolve diretamente todos os setores inseridos nesta unidade, desde instituições até o público em geral, sendo somente eficaz se houver a integração destes, em ações conjuntas, idealizando soluções práticas e viáveis para as principais regiões e/ou setores degradados. Novos paradigmas, para o gerenciamento e planejamento de bacias hidrográficas,

devem incluir uma base de dados sustentada pela pesquisa científica, para gerar informações necessárias à tomada de decisões pelos gestores, propiciando interação contínua e permanente entre gerentes e pesquisadores da área da bacia hidrográfica.

Além dos benefícios de uma resposta mais eficiente e eficaz ao problema de gerenciamento, a pesquisa científica pode dar embasamento adequado ao “gerenciamento adaptativo”, ou seja, à capacidade que o sistema de gerenciamento e de promoção de políticas públicas deve ter para se adaptar às mudanças econômicas e sociais e ao mesmo tempo resolver conflitos. Conflitos sobre o uso da terra nos mananciais e os usos múltiplos dos recursos hídricos só poderão ser resolvidos se houver um banco de dados e um sistema de informações que mostrem a realidade e possibilitem estudos de alternativas a serem implantadas (TUNDISI, 2003).

E importante priorizar princípios de uma integração entre gerentes e pesquisadores, para que esses possibilitem a análise de economias de importância para os recursos hídricos, os benefícios dos usos de recursos naturais.

Nas últimas décadas a humanidade começou a perceber que o meio ambiente tem seus recursos finitos. O crescimento como um processo linear e infinito encontrava seus primeiros obstáculos, ou seja, a capacidade do planeta em regenerar-se frente ao uso indiscriminado e a conseqüente degradação ambiental. Várias conferências começaram a alertar sobre o perigo que a humanidade corria se não houvesse uma mudança no modelo de desenvolvimento (Estocolmo 72, Relatório Nosso Futuro Comum, ECO 92 e Rio + 10, entre outras e a mais recente Rio + 20, realizada em 2012). Com isto também foram criados sistemas de gestão ambiental com intuito de preservação, sendo um deles o de recursos hídricos.

A Lei n.º 9.433 de 8 de Janeiro de 1997 definiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, a partir desta o país dispõe de um instrumento legal que garante às futuras gerações a disponibilidade de água em condições adequadas. Esta Lei objetiva assegurar: à atual e as futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; a preservação e a defesa contra eventos críticos, de origens naturais ou decorrentes do uso integrado dos recursos hídricos.

O Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos, estabelecido pela Lei 9.433/97, deve cumprir os seguintes objetivos:

Coordenar a gestão integrada das águas; arbitrar administrativamente os conflitos ligados ao uso da água; implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos; planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos; promover a cobrança pelo uso da água. (TUNDISI, 2003, p. 146).

É de extrema importância, dentro desse sistema, a participação do público como um todo, usuários e sociedade civil, do nível nacional até os comitês locais e/ou regionais, legitimando as decisões e garantindo tais implementações. A Lei Nacional para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos define a Política de Recursos Hídricos do Brasil e cria o Sistema Nacional para o Gerenciamento de Recursos Hídricos. São seis os princípios para a efetivação desse sistema que se baseia em:

A água é um bem público; a água é um recurso finito e tem valor econômico; quando escassa; o abastecimento humano é prioritário; o gerenciamento de contemplar usos múltiplos; o manancial representa a unidade territorial para fins gerenciais; o gerenciamento hídrico deve se basear em abordagens participativas que envolvam o governo, os usuários e os cidadãos. (TUNDISI, 2003, p. 146-147).

Inovações introduzidas pela Lei 9.433/97 estabelecem instrumentos para viabilizar a implantação da Política Nacional dos Recursos Hídricos, como: o Plano de Recursos Hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes de usos preponderantes; a outorga de direitos de uso dos recursos hídricos; a compensação aos municípios; e, o Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos. Esta Lei ressalta a importância do ordenamento territorial no País e fortalece a mudança de atitudes dos administradores públicos e de usuários, perante o processo de constituições de parcerias.

A Lei 9.433/97 espelha este novo contexto histórico na proporção que, ao legislar sobre o gerenciamento de recursos hídricos, introduz visão moderna de política de planejamento ambiental, introduzindo o conceito de bacia hidrográfica enquanto unidade de planejamento, provocando inúmeras mudanças de caráter institucional.

Passado mais de uma década e meia da implementação dessa legislação torna-se possível verificar a sua eficácia sob o ponto de vista institucional. Nesse aspecto, percebe-se, que esse marco legal não foi acompanhado pelos técnicos ambientais dos órgãos públicos e nas organizações não-governamentais, sendo

necessário qualificar esses profissionais para que o planejamento de bacias hidrográficas no Brasil alcance consistência e eficácia institucional.

Também a Lei n.º 10.350/94, em seu artigo 21, do Estado de São Paulo, define que, os objetivos e diretrizes da Política Estadual de Recursos Hídricos serão discriminados no Plano Estadual de Recursos Hídricos e nos Planos de Bacias Hidrográficas. Desta forma o Plano de Bacia Hidrográfica se torna o norteador das decisões de cada Comitê de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica. A apropriação do mesmo por parte de seus membros e também da sociedade em geral deve ser um dos pilares fundamentais para uma boa gestão dos recursos hídricos em uma dada bacia hidrográfica.

O plano de manejo de uma rede hidrográfica é um dos instrumentos mais importantes para o gerenciamento de bacias hidrográficas. É a partir dele que pode se projetar a curto, médio e longo prazo os anseios comunidade inserida na bacia hidrográfica, ou seja, cria-se um cenário, se visualiza, ao longo do tempo, formas de preservação e manutenção dos recursos hídricos em quantidade e qualidade atendendo a toda a população, procurando diminuir futuros conflitos que possam ocorrer.

O planejamento de recursos hídricos é uma ação que envolve os aspectos ambientais, econômicos e sociais que deve ter a participação de diversos atores e de diversas entidades, públicas e privadas, através de uma regionalização das bacias hidrográficas, onde todos devem estar presentes nas etapas de gerenciamento. Observa-se que, no âmbito regional, os comitês de bacia hidrográfica são entidades administrativas com a capacidade de promover a gestão de uma forma integrada, descentralizada e com a participação de todos os setores da sociedade.

A partir da Agenda 21 o conceito de desenvolvimento sustentável teve grande repercussão mundial. Em várias regiões e países consolidou-se a concepção de que a bacia hidrográfica é a unidade mais apropriada para o gerenciamento, otimização de usos múltiplos e o desenvolvimento sustentável.

Sob o aspecto de conservação ambiental em bacias hidrográficas temos a seguinte afirmação:

Sendo a bacia hidrográfica unidade básica de planejamento, o entendimento das relações existentes entre o solo, a água e a cobertura vegetal torna-se a arte e ciência pra manejar os recursos naturais na produção de alimentos, em quantidade e qualidade. O recurso hídrico é vital e não tem substituto, e como há uma escassez

deste mundialmente, necessita-se repensar seriamente a sua utilização. (PISSARRA e POLITANO, 2004. p. 33-34).

O planejamento de bacias hidrográficas no Brasil tem sofrido diversas transformações ao longo das últimas três décadas: conceitos inovados, novos instrumentos técnicos, parcerias institucionais e a inserção de atores sócio-políticos e econômicos nesse processo.

A bacia hidrográfica como unidade de planejamento já é de aceitação mundial, uma vez que esta se constitui num sistema natural bem delimitado geograficamente, onde os fenômenos e interações podem ser integrados a priori pelo input e output, podendo ser tratadas como unidades geográficas, onde os recursos naturais se integram. Além disso, constitui-se uma unidade espacial de fácil reconhecimento e caracterização, considerando que não há qualquer área de terra que não se integre a uma bacia hidrográfica e, quando o problema central é água, a solução deve estar estreitamente ligada ao seu manejo e manutenção.

A bacia hidrográfica, como unidade de planejamento, deve considerar seus usos múltiplos, desde a implementação e viabilização de políticas públicas, até a interpretação dos dados obtidos. Objetivam opções e a zonação em larga escala das prioridades no uso integrado da terra, agricultura, pesca, conservação, recreação e usos domésticos e industriais da água. Para a interpretação destaca-se a capacidade de gerenciar conflitos resultantes dos usos múltiplos e a interpretação de informações existentes de forma a possibilitar a montagem de cenários de longo prazo incorporando uma perspectiva de desenvolvimento sustentável.

Por ter características bem definidas, a bacia hidrográfica é uma unidade que permite a integração multidisciplinar entre diferentes sistemas de planejamento e gerenciamento, estudo e atividade ambiental. Para o planejamento e gerenciamento de uma bacia hidrográfica é fundamental considerar a mudança de paradigma de um sistema setorial, local e de respostas à crise para um sistema integrado, preditivo, e em nível de ecossistema. Isso deverá resultar em um diagnóstico mais abrangente dos problemas e deverá incorporar os aspectos socioeconômicos para que se possa desenvolver um bom planejamento e gerenciamento.

No planejamento e no gerenciamento é necessário dar condições para cuidar dos mananciais e das fontes de abastecimento de água potável, desde a fonte à torneira, tratar assim todo o sistema de produção de água. A bacia hidrográfica constitui um processo descentralizado de conservação e proteção

ambiental, tornando-se um estímulo para a integração da comunidade e a integração institucional.

3.2 TEORIA GERAL DOS SISTEMAS

Um geossistema é uma área geográfica de todos os organismos vivos (animais, plantas, microorganismos e pessoas) e a maneira como eles interagem no seu habitat (através dos ciclos naturais do seu entorno físico, como o ar, solo e água).

Christofolletti (1999, p. 5), com base em outros autores, afirma que o conceito de “sistema” foi introduzido na geomorfologia em 1962 sob o aspecto de conjunto, formando uma unidade, afirmando que um sistema é um conjunto estruturado de objetos e atributos. Os sistemas, na análise ambiental, funcionam dentro de uma determinada área, fazendo parte de um conjunto maior, o qual compreende o conjunto de todos os fenômenos e eventos, pois através de suas mudanças e dinâmismos, apresentam influências condicionantes nos subsistemas e nas partes componentes.

Bacias hidrográficas podem ser caracterizadas como “sistemas não isolados abertos” (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 6), pois nestes sistemas ocorrem constantes trocas de energia e matéria, tanto recebendo como perdendo. Uma rede de drenagem, componente de uma bacia hidrográfica, é um “sistema morfológico” composto pela associação das propriedades físicas dos sistemas e de seus elementos componentes, ligados com os aspectos geométricos e de composição, constituindo os sistemas menos complexos das estruturas naturais. No contexto da geomorfologia, as redes de drenagem, são exemplos de sistemas morfológicos, nos quais se podem distinguir, medir e correlacionar as variáveis geométricas e as de composição.

Consecutivamente, ao analisar um sistema no meio ambiente, identificamos a bacia hidrográfica como um “sistema em sequência” (CHRISTOFOLETTI, 1999, p.6), que é composto por uma cadeia de subsistemas, possuindo tanto grandeza como localização espacial, que são dinamicamente relacionados por uma cascata de matéria e energia. Dentro desta perspectiva sistêmica é necessário verificar as relações entre entrada (*input*) e saída (*output*) de matéria e energia de um subsistema.

Singh (1995 apud CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 8-12) apresentou uma classificação de modelos em estudos sobre bacias hidrográficas, com base em diversos critérios. O autor sintetiza a classificação de modelos utilizados em estudos hidrológicos de diferentes tipos que são desenvolvidos para objetivos diferenciados, apresentando tipologia dos modelos conforme três critérios: descrição dos processos, grandezas escalares e técnicas de resolução. Estes critérios constituem referenciais úteis a todos os setores envolvidos com a modelagem de sistemas ambientais.

Na abordagem da “Classificação baseada em processos”, temos que, na perspectiva hidrológica das bacias hidrográficas, um modelo deve abranger cinco componentes: a geometria do sistema, envolvendo as características e os processos da bacia hidrográfica; os inputs; as leis governantes; as condições iniciais e limitantes, e o output. Sendo que um modelo pode ser genérico ou distribuído, pois:

Os modelos genéricos analisam os processos ocorrentes na bacia em seu conjunto, sem se preocupar com as variações espaciais dos processos, inputs, condições limitantes e características (geométricas) da bacia. [...] Os modelos distribuídos explicitamente levam em consideração a variabilidade espacial dos componentes e dos valores das variáveis no interior da bacia hidrográfica. (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 12).

Salienta-se que, em ambas as categorias de modelos, na descrição dos processos a abordagem pode ser determinística, estocástica ou mista.

O critério de classificação baseado em escalas temporais pode ser utilizado para distinguir tipologias de modelos em hidrologia e climatologia, sendo definidas como uma combinação entre dois intervalos temporais. Deve-se analisar o intervalo de tempo a ser empregado, que estará ligada ao objetivo que se pretende na modelagem.

A classificação baseada na escala espacial leva-se em conta a grandeza espacial da bacia hidrográfica, que podem ser classificadas em categorias direcionadas pequenas (menores de 100 km²), médias (entre 100 e 1.000 km²) e grandes (maiores de 1.000 km²) de bacias hidrográficas (SINGH, 1995 apud CHRISTOFOLETTI, 1999).

Segundo Christofolletti (1999) a Geografia é disciplina que estuda as organizações espaciais, tecendo considerações reforçando que deste conceito como sistema funcional e estruturado espacialmente. Ao se focalizar o espaço como objeto de estudo da geografia, reforça-se que o espaço envolve a presença de extensão ou área, expressos em termos da superfície terrestre, constituindo a sua

fisionomia, a sua paisagem e a sua aparência, enfocando sempre a organização espacial. A geografia física se preocupa com o estudo da organização espacial dos sistemas ambientais físicos, também denominados de geossistemas. No geossistema, a topografia, a vegetação, os solos, as águas e o clima são as fontes fornecedoras de energia e matéria, responsáveis pela dinâmica do sistema, dominantes numa interação areal.

Sotchava (1962 apud CHRISTOFOLETTI, 1999) salienta que os geossistemas são sistemas dinâmicos, flexíveis, abertos e hierarquicamente organizados, com estágios de evolução temporal, numa modalidade cada vez maior sob a influência do homem. O elemento básico para a classificação de um geossistema é o espaço e tudo o que nele está contido em integração funcional, e do ponto de vista geográfico em três escalas: topológica, regional e planetária. Distinguem-se subdivisões do geossistema em escalas decrescentes de categorias, como geócoros, geômeros e geótopos (SOTCHAVA, 1962 apud CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 42).

Já Bertrand (1972 apud CHRISTOFOLETTI, 1999) define o geossistema como situado numa determinada porção do espaço, sendo o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos, que fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. Sob este conceito o citado autor propõe um sistema taxonômico de hierarquização da paisagem constituído por seis níveis têmporo-espaciais decrescentes. Tricart (1965 apud CHRISTOFOLETTI, 1999) classifica como unidades superiores as grandezas de I a IV que são a zona, o domínio e a região, onde os elementos climáticos e estruturais são os mais relevantes. As unidades inferiores, de V a VIII, de Tricard, encontram-se o geossistema, o geofácies e o geótopo, caracterizados pelos elementos biogeográficos e antrópicos.

O geossistema resultaria da combinação de um potencial ecológico (geomorfologia, clima, hidrologia), uma exploração biológica (vegetação, solo, fauna) e uma ação antrópica, não apresentando, necessariamente, homogeneidade fisionômica, e sim um complexo essencialmente dinâmico. Essa unidade abrange escala de alguns quilômetros quadrados a centenas de km², podendo ser composta em unidades menores fisionomicamente homogêneas, representados pelos geofácies e geótopos. O geofácies, correspondendo a um setor fisionomicamente homogêneo que se sucede no tempo e no espaço no interior de um geossistema, possui também potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica, estando sujeito a biostasia e resistasia. Os geótopos correspondem ao último nível da escala têmporo-espacial de Bertrand, apresentando geralmente, condições diferentes do geossistema e do

geofáceis em que se encontram. Constituem a menor unidade homogênea diretamente visualizada no terreno, representando refúgio de biocenoses originais, por vezes relictuais ou endêmicas. (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 42-43).

Outro conceito vem de Monteiro (1978 apud CHRISTOFOLETTI, 1999), que considera que um geossistema constitui um sistema regular, complexo, onde se integram os elementos humanos, físicos, químicos e biológicos, e onde os elementos socioeconômicos não constituem um sistema antagônico e oponente, mas sim estão incluídos no funcionamento do sistema. Os produtos do sistema socioeconômico entram como inputs e interferem nos processos e fluxos de matéria e energia, modificando a estruturação espacial geossistêmica.

No estudo de bacia hidrográfica, abordado neste trabalho, a classificação hierárquica espacial é crucial, pois há a necessidade de se estabelecer a sequência interativa desde a escala de lugar até a escala do globo terrestre, pois obviamente repercutem no discernimento da área a ser estudada.

A natureza, físico-biológica, se organiza através de ecossistemas e geossistemas, com constantes interferências humanas, que são fatores que interferem nas características e os fluxos de matérias e energias, modificando o equilíbrio natural. Os efeitos causados pela ocupação humana nos elementos ambientais físicos são perceptíveis na urbanização, com a industrialização, na exploração de minerais, nos usos agrícolas da terra, construção de vias transporte, etc. que afetam distintos processos naturais em um ecossistema.

3.3 O SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA – SIG – NA ANÁLISE AMBIENTAL

A evolução nas tecnologias de informação e comunicação abriu um vasto potencial na forma como se comunica, se analisa e se toma decisões. Muitos dos processos de tomada de decisão requerem conhecimento específico sobre a envolvente geográfica imediata, ou requerem informação em relação a uma determinada localização. Esta informação que é composta por representações digitais do mundo real que pode ser armazenada, processada e representada em formatos diversos, (mais, ou menos) simplificados, para servirem fins específicos, designa-se geográfica. A sua utilização ajuda a distinguir características particulares de um local, e a tomar decisões que são apropriadas para essa localização. A

informação geográfica na tomada de decisão permite aplicar princípios gerais às condições específicas de uma localização, tornando-se essencial nos processos de planeamento e de tomada de decisão. Esta necessidade por vezes é de difícil provisão devido ao oneroso processo de obtenção, quer na vertente temporal quer na vertente monetária, com o risco acrescido de rápida desatualização em que esta informação ocorre.

A gestão de informação geográfica não é tarefa recente. Na realidade é uma prática com centenas de anos. Foi, no entanto, apenas nas mais recentes décadas, que os avanços nos sistemas informáticos permitiram que tais tarefas pudessem usufruir do apoio do computador, tornando-se mais simples e expeditas e facilitando o levantamento, armazenamento, edição e partilha deste tipo de informação.

A crescente necessidade de cruzar informação proveniente de diferentes fontes de informação geográfica temática, relacionadas às diversas áreas do saber, de forma a se conseguir proceder a diversos tipos de análise, fez com que as análises temáticas individuais dessem lugar às chamadas análises integradas. Sendo, as análises integradas, o resultado de um progresso científico crescente, que atingia os vários domínios da atividade humana, e que reconhecia a interdisciplinaridade como imprescindível para a resolução de problemas que preocupavam o homem, isso fez com que as análises contidas nas várias cartas temáticas, servissem de suporte a partir do qual se tentava obter uma visão integrada e global do território.

A história do uso de computadores para produção cartográfica e análise espacial mostra que decorreram, em paralelo, diversos desenvolvimentos nas áreas de captura automática, análise e apresentação de informação geográfica em diversos campos dispersos, mas relacionados entre si. Estes campos são a cartografia cadastral e topográfica, a cartografia temática, a engenharia civil, a geografia, estudos matemáticos de variações espaciais, a geologia, a fotogrametria, o planeamento rural e urbano, redes públicas e detecção remota e a análise de imagens. Consequentemente, podemos afirmar que este campo disciplinar evoluiu a partir de grandes esforços e da fusão de conceitos, ideias, terminologias e opiniões de pessoas com formação de base distinta.

A designação de Sistemas de Informação Geográfica tem sido aplicada de forma livre a muitos e diferentes tipos de sistemas computacionais de bases de informação espacial, cuja finalidade é a eficiente captação, armazenamento, análise e recuperação de informação referente à sua localização geográfica. Encontramos,

então, diferentes métodos para definir estes sistemas. Classificações baseadas nas suas funcionalidades, na sua genealogia, custo, tamanho, áreas de aplicação e modelo de dados também podem ser encontradas. Podemos definir Sistema de Informação Geográfica como sendo um objeto ativo ou conjunto de objetos ativos inter-relacionados, que processa representações de entidades, atividades ou fenômenos georreferenciáveis por um sistema de coordenadas.

Concluimos, então, que os Sistemas de Informações Geográficas, ou SIGs, são sistemas computadorizados que permitem o manuseio de dados georreferenciados através de quatro módulos de capacidades, como por exemplo: entrada de dados; gerenciamento dos dados (armazenamento e recuperação); e, manipulação e análise; saída (geração de produtos) (VETORAZZI, 1996).

Para definirmos a importância e os significados do SIG utilizamos as definições de 3 autores. Burrough (apud VETORAZZI, 1996) o define como um “Conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real”; Cowen (apud VETORAZZI, 1996) afirma que SIG é “um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas a problemas”; e para Smith (apud VETORAZZI, 1996) o mesmo é “um banco de dados indexados espacialmente, sobre o qual opera um conjunto de procedimentos para responder a consultas sobre entidades espaciais”.

Um SIG diferencia-se de um sistema automatizado de cartografia acoplado a um banco de dados, justamente pela capacidade de manipulação e principalmente análise dos dados, e é essa característica que o torna de grande utilidade no monitoramento ambiental. Com o aumento crescente do emprego de técnicas geradoras de dados georreferenciados e a consolidação da ideia de banco de dados corporativo, os SIGs tornam-se a opção natural para o tratamento desses dados. Outro fator positivo à adoção dos SIGs é a diminuição sensível e constante nos seus custos de implantação e manutenção, como tudo relacionado à informática.

Se pensarmos um SIG como um sistema baseado na utilização de um computador, que pode ser utilizado para armazenar, analisar e visualizar dados espaciais ou geográficos, então, claramente, o primeiro passo, para trabalhar com o sistema, é adquirir ou capturar a informação que precisamos. Existem quatro tipos genéricos de dados: imagens de sensoriamento remoto, mapas digitais, dados digitais coletados no campo, dados não espaciais.

As constantes mudanças no uso e cobertura da terra provocam alterações significativas no balanço de água, com reflexos nas camadas superficiais e sub-superficiais do solo, resultando em erosão, transporte de sedimentos e elementos químicos, bem como causando modificações nos ecossistemas e na qualidade da água. Com o levantamento do uso e cobertura da terra, com a análise multitemporal, os padrões de organização do espaço podem ser compreendidos e podem-se observar as consequências do seu uso inadequado. O uso da terra raramente permanece inalterado, sendo assim existe a necessidade de atualização dos registros de uso e cobertura da terra, para que suas tendências possam ser analisadas. O uso da terra denota o emprego humano como, por exemplo, tipos de cultivos, áreas de pastagens, locais de recreação, silvicultura etc. e também representa o estado físico do solo, englobando a quantidade e o tipo de vegetação da superfície, água e materiais terrestres. Uma das formas de se obter informações sobre o uso e a cobertura da terra é através do mapeamento com sensores aerotransportados e orbitais, ou seja, o Sensoriamento Remoto. Assim a foto interpretação, que consiste na utilização de métodos ou técnicas na análise de imagens e permite a obtenção de informações significativas e confiáveis nos diferentes ramos da ciência da terra, tem como finalidade examinar a imagem de um objeto para identificá-lo e deduzir o seu significado (ROSA, 2001. LOCH, 1993).

A interpretação visual de imagens baseia-se no processo de análise destas pela detecção, identificação e classificação dos alvos de interesse. É essencial a percepção de feições pela análise das características fundamentais. Exemplos de alguns elementos de análise de imagens: a cor, a tonalidade, a textura, o tamanho, a forma, o padrão, as sombras, a altura, a localização do alvo e aspectos associados. Com essa técnica a identificação dos objetos apoia-se no princípio de convergências de evidências, que aponta para a sua provável identificação. Sendo assim, essas evidências, indicam a identidade de um objeto baseada nos elementos de reconhecimento.

As fotografias aéreas permitem, pela análise das características do terreno, a elaboração de mapas temáticos, como de uso e cobertura da terra, na qual podem ser realizadas análises com os elementos da paisagem identificados.

O avanço da tecnologia espacial colocou o momento da disponibilidade de produtos de satélites imageadores da terra como marco de uma nova era dos estudos sobre o uso e ocupação da terra, pois ao mesmo tempo em que lhe dá uma nova metodologia de pesquisa, revela a concepção teórica que orienta a apreensão

espacial e temporal do uso da terra no seu conjunto para a gestão da apropriação do espaço geográfico global ou local.

Conforme o IBGE (2006), o Sistema de Informações Geográficas (SIG) é uma estrutura de processamento automático de dados destinados ao armazenamento, recuperação e transformação de dados ambientais. Um SIG é composto por diferentes tipos de tecnologias do geoprocessamento, que permitem tratar um conjunto de dados, de forma integrada ou individualizada, e tem a função de fornecer informação, seja na forma de dados espaciais e/ou de dados de atributos.

Além de informações, o SIG também fornece algumas ferramentas para a realização de análises, as quais respondem à formulação de perguntas e explicam ocorrências ou problemas na área de interesse. Além da rapidez no processamento das pesquisas, outra vantagem de um SIG em relação a um sistema de informações convencional é que ele incorpora a componente espacial, o que implica que objetos estão em algum lugar no espaço e podem estar ou serem correlacionados. Dessa forma as pesquisas em um SIG sobre o uso e ocupação da terra oferecem subsídios às decisões de forma mais eficiente e configuram-se como uma ferramenta de grande valor para a gestão do território, auxiliando na escolha das opções a serem tomadas sobre determinado espaço.

Um Sistema de Informações Geográficas atende aos processos de trabalho voltados para a sistematização das informações disponíveis. Reúne uma série de métodos e técnicas que permitem identificar, explorar, tratar, processar e analisar dados espaciais, permitindo desse modo que se conheça a estrutura de entes espaciais – os elementos de base cartográfica e elementos temáticos e a posição de cada um no espaço geográfico. Permite ainda a integração entre os atributos que podem ser pesquisados em cada subsistema (os diferentes temas), alimentando de novas informações o pesquisador através de cartas e relatórios.

O Sistema de Informações Geográficas, utilizando como principal alicerce o banco de dados, organiza as informações gráficas - constituídas pelos polígonos e respectivos centróides e por simbologias específicas, georreferenciados à escala do levantamento - e as informações alfanuméricas - constituídas pelos dados estatísticos levantados e pela legenda e pontos de amostragem por GPS, entre outras.

3.4 PLANEJAMENTO AMBIENTAL

A ocorrência de impactos ambientais decorrentes da ação antrópica podem ser minimizados com a utilização de um planejamento adequado. A orientação da ocupação humana é necessária para resguardar as áreas destinadas à preservação ambiental, tendo em vista conservação dos recursos naturais, a forte instabilidade ou fragilidade ambientais e a alta suscetibilidade à erosão e movimentos de massa que certas porções da paisagem podem apresentar. O planejamento ambiental pode ser entendido como um processo, com um desenvolvimento de técnicas, elaborado como um sistema estruturado que envolve etapas distintas, identificando os objetos e criando procedimentos e programas para atingi-los, visando a melhoria da qualidade de vida em uma escala espacial e temporal, conciliando desenvolvimento e qualidade ambiental. (GUERRA, et al., 1999).

Em bacias hidrográficas o planejamento ambiental exige, em função da escala de trabalho, um levantamento de dados sobre a distribuição e comportamento das variáveis de análise selecionadas. A delimitação de unidades ambientais resultantes da integração de diferentes fatores ou elementos do meio físico revela-se extremamente útil ao processo de planejamento. Isso permite expressar a complexidade existente na paisagem e garante um nível de detalhamento equilibrado entre as variáveis físicas adotadas. As condições físicas da bacia hidrográfica, as alterações antrópicas na paisagem e a qualidade e quantidade da vegetação ciliar dos rios, influenciam a comunidade biológica dos recursos hídricos. Muitas atividades intensivas de uso da terra têm reduzido a capacidade de armazenamento de água do solo e restringido, drasticamente, os níveis de água. Assim o gerenciamento da terra deve ocorrer sob a perspectiva da paisagem, a qual permite um entendimento da integração completa dos processos que operam através de um corpo d'água e que interferem nos processos biológicos.

Para a implementação de diversos projetos, o planejamento ambiental considera a importância do estudo e a avaliação prévia do meio ambiente. Assim, a postura preventiva revela-se menos onerosa e mais eficiente no combate às ocorrências de impactos ambientais, como erosão dos solos.

Segundo a legislação brasileira considera-se impacto ambiental:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem estar da população; as

atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais. (Resolução CONAMA 001, de 23.01.1986).

O ambiente, no planejamento ambiental, é visto como o objeto, na medida em que em uma de suas dimensões, a da natureza, como recurso, constitui um potencial a ser apropriado e mobilizado pela sociedade.

Definimos o impacto ambiental, como o caráter, o tipo, a intensidade a persistência e a duração das ações exercidas pelo homem sobre um determinado sistema ambiental. Ou seja, mais que tudo, o impacto ambiental deve designar a força das ações humanas que incidem sobre o meio.

Quando o conceito de planejamento ambiental não é aplicado, as atividades antrópicas podem causar danos aos recursos naturais devido ao lançamento de efluentes, uso incorreto da terra favorecendo a erosão, dentre outras práticas inadequadas que acarretam impactos nos diferentes ecossistemas, inclusive nos corpos d'água. Devemos considerar que a qualidade da água de mananciais que compõem a bacia hidrográfica está relacionada com o uso da terra na área e com o grau de controle sobre as fontes de poluição. A influência das atividades humanas na qualidade da água inclui alterações na concentração de substâncias químicas encontradas naturalmente, a entrada de novas substâncias sintéticas e mudanças nos sedimentos carregados.

A presença de vegetação nas margens dos cursos d'água contribui para a mitigação da degradação da água, pois ela reduz os efeitos da erosão, diminuindo a entrada de sedimentos e poluentes nos corpos d'água. A vegetação ciliar funciona como um filtro da água advinda do escoamento superficial.

Com o aumento dos processos erosivos, em função do uso irregular da terra, as perdas de solo por erosão laminar são comandadas por diversos fatores relacionados às condições naturais dos terrenos. No caso de bacias hidrográficas degradadas, as áreas de cabeceiras estão, com frequência, desprovidas de vegetação natural e apresentam sinais de degradação pela erosão e indícios da instabilidade intrínseca dessas áreas, que são caracterizadas como de risco e eventos erosivos, pois são geradoras de fluxo. A utilização da terra acima da capacidade, o uso e manejo inadequado do solo, acelera o processo de erosão. A degradação do solo pode ser acelerada por diversos fatores, como pela alta densidade de gado, a qual conduz para a perda da vegetação e altera a compactação do solo. (GUERRA et al., 1999).

Conforme o inciso II, § 2.º, do artigo 1.º da Medida Provisória 2.166-67, de 24 de Agosto de 2001, área de preservação permanente é aquela protegida nos termos dos artigos 2.º e 3.º do Código Florestal, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas.

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) são estabelecidas pelo artigo 2.º do Código Florestal Vigente (Lei Federal 4771 de 15 de Setembro de 1965, alterada pela Lei Federal 7803 de 18 de Julho de 1989) como sendo as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

- a)** ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja: 1 - de 30 m (trinta metros) para os cursos d'água de menos de 10 m (dez metros) de largura; 2 - de 50 m (cinquenta metros) para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 m (cinquenta metros) de largura; 3 - de 100 m (cem metros) para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 m (duzentos metros) de largura; 4 - de 200 m (duzentos metros) para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 m (seiscentos metros) de largura; 5 - de 500 m (quinhentos metros) para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 m (seiscentos metros). (Artigo 2.º do Código Florestal);
- b)** ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais. (limites estabelecidos pela resolução do CONAMA n.º 302 e 303 de 20 de Março de 2002);
- c)** nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 m (cinquenta metros) de largura;
- d)** no topo de morros, montes, montanhas e serras;
- e)** nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;
- f)** nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- g)** nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 m (cem metros) em projeções horizontais;
- h)** em altitude superior a 1.800 m (mil e oitocentos metros), qualquer que seja a vegetação.

Para determinar as Áreas de Preservação Permanente (APPs) também deve ser considerada a Resolução n.º 303/02 a qual estabelece parâmetros, definições e limites referentes a estas.

Ressalta-se que as APPs devem ser preservadas, sendo que estas podem estar cobertas ou não por vegetação natural, desde que esteja presente a função ambiental para a qual foram estabelecidas. Assim, se dentre as funções destas áreas estão a de preservar os recursos hídricos, a biodiversidade e a proteção do solo, pode-se considerar que após o advento do código florestal, as APPs não podem ser desmatadas sem as devidas autorizações, devem ser abandonadas para a regeneração natural e não deveriam ser utilizadas com determinados cultivos, os quais principalmente quando mal manejados, proporcionam um aumento no risco de erosão, contribuindo para o assoreamento dos corpos d'água.

A supressão da vegetação em APPs somente pode ser autorizada em caso de utilidade pública ou de interesse social, quando inexistir alternativa técnica e locacional do empreendimento e ou agricultura proposta (Art. 4.º do Código Florestal). De acordo com a Medida Provisória 2.166/67 de 2001, as atividades imprescindíveis à proteção da integridade da vegetação nativa e as atividades de manejo agroflorestal sustentável praticadas na pequena propriedade, que não descaracterizem a cobertura vegetal e não prejudiquem a função ambiental da área, são consideradas de interesse social.

As áreas de preservação permanente não podem ser exploradas, cultivadas, sendo que é necessária uma autorização do órgão ambiental público competente para fazer qualquer atividade nas mesmas, sendo esta fornecida apenas em alguns casos especificados na lei.

O Código Florestal também estabelece, além das APPs, a Reserva Legal (RL). Conforme o inciso III do § 2.º do Artigo 1.º da Medida Provisória 2.166-67, de 24 de Agosto de 2001, Reserva Legal (RL) é a área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, exceto a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas. No artigo 16 do Código Florestal vigente (Lei Federal 4771 de 15 de Setembro de 1965, alterada pela Lei Federal 7803 de 18 de Julho de 1989 e Medida Provisória 2.166-67 de 24 de Agosto de 2001) estabelece para a região Sudeste uma área mínima de 20% da propriedade com cobertura florestal para ser mantida a título de Reserva Legal. A vegetação da Reserva Legal não pode ser suprimida,

podendo apenas ser utilizada sob regime de manejo florestal sustentável, de acordo com princípios e critérios técnicos e científicos que foram estabelecidos pela legislação. De acordo com o § 6.º do artigo do Código Florestal vigente, as áreas relativas à vegetação nativa existente em APP poderão ser consideradas no cálculo do percentual de Reserva Legal, desde que isto não implique em conservação de novas áreas para o uso alternativo da terra, e quando a soma da vegetação nativa em APP e RL exceder 50% da propriedade rural localizada na região Sudeste ou 25% da pequena propriedade definida no artigo 1.º do Código Florestal. A pequena propriedade rural é explorada mediante o trabalho pessoal do proprietário ou posseiro e de sua família e a área não pode superar 30 hectares quando localizada no estado de São Paulo.

De acordo com o Decreto 3.179/99 são consideradas infrações a exploração da área de Reserva Legal sem autorização ou aprovação prévia do órgão ambiental competente ou sem a adoção de técnicas de manejo e de reposição florestal devidamente inserida nos planos previamente aprovados pelo órgão ambiental. Também é ilícito qualquer corte raso na mesma. A Reserva Legal incide somente sobre o domínio privado. Atualmente, a Reserva Legal é exigida nos casos de supressão de vegetação nativa, corte ou exploração da vegetação ou no caso de compensação de algum dano, diante da necessidade de adequar-se a legislação vigente a pedido de um promotor. (Artigos 16.º e 44.º do Código Florestal vigente). Contudo, a aplicação dessa exigência de averbação da Reserva Legal varia conforme a regulamentação realizada a nível estadual, sendo que apenas em alguns estados a averbação é exigida pelo cartório ao se realizar um desmembramento. No estado de São Paulo a regulamentação do processo de averbação da Reserva Legal ainda não ocorreu efetivamente para determinados aspectos.

Para concluir se a situação da Reserva Legal nas propriedades da bacia está adequada não é possível, uma vez que existem diversas condições específicas ao se estabelecer a Reserva Legal. Dentre elas, cabe ressaltar a possibilidade, para determinadas situações, de considerar as áreas relativas à vegetação nativa existente na APP no cálculo do percentual de reserva legal. Os plantios de árvores frutíferas ornamentais ou industriais também podem ser computados no cálculo da RL de algumas propriedades. O prazo estabelecido para a recomposição da RL e a possibilidade de compensar a reserva legal por outra área equivalente em importância ecológica e extensão, também dificultam a análise.

Uma contribuição inequívoca trazida pelo conceito de sustentabilidade foi o reconhecimento da necessidade de integrar a dimensão ambiental ao conceito de desenvolvimento. A Rio 92 trouxe o desafio de estabelecer uma série de acordos voltados a enfrentar a destruição do planeta, bem como de integrar a participação dos cidadãos como fator fundamental para o alcance do desenvolvimento em bases sustentáveis. O reconhecimento da finitude dos recursos naturais do planeta trouxe à tona uma questão fundamental. Se os recursos são limitados, que valores, deveres e obrigações devem regular a distribuição e o acesso aos recursos disponíveis? Falar em sustentabilidade nos conduz à necessidade de repensar o modelo de desenvolvimento em curso, que vem gerando não apenas um padrão de produção e de consumo excludente do ponto de vista social, como também insustentável do ponto de vista ambiental.

O conhecimento sobre o uso e ocupação da terra ganha relevância pela necessidade de garantir a sua sustentabilidade diante das questões ambientais, sociais e econômicas a ele relacionadas e trazidas à tona no debate sobre o desenvolvimento sustentável. Nessa perspectiva merecem destaque as referências aos fatores que levam às mudanças e à expectativa da justiça ambiental devido aos diferentes interesses, direitos civis e conflitos distributivos sobre os recursos naturais.

3.4.1 Novo Código Florestal – 2012

Atualmente, encontra-se em tramites na Presidência da República – Casa Civil – Subchefia para Assuntos Jurídicos, a LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n.ºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n.ºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n.º 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências, ou seja, o Novo Código Florestal.

A reforma do Código Florestal Brasileiro apresenta vários pontos que são questionados por parte da sociedade e, de outro lado, defendidos por setores ruralistas, na qual salientamos alguns itens que estão para serem sancionados, alterados ou vetados pela Presidência da República:

- Fim da obrigação de se recuperar áreas desmatadas ilegalmente até 22 de julho de 2008, incluindo topos de morros, margens de rios, restingas, manguezais, nascentes, montanhas e terrenos íngremes. A

proposta cria a figura da área rural consolidada – aquela ocupação existente até a data definida, com edificações, benfeitorias e atividades agrosilvopastoris em quaisquer espaços, inclusive áreas protegidas. Os Estados terão cinco anos, após a aprovação da lei, para criar programas de regularização ambiental. Até lá, todas as multas aplicadas antes de julho de 2008 ficam suspensas;

- Reduzir a extensão mínima das APPs dos atuais 30 metros para 15 metros de faixa marginal e demarcar as matas ciliares protegidas a partir do leito menor do rio e não do nível maior do curso d'água;
- Fim da necessidade de recuperar a reserva legal para propriedades com até quatro módulos fiscais. Dependendo da região, o tamanho do módulo fiscal varia entre cinco e 110 hectares. Nesse caso, propriedades com até 440 hectares ficam isentas de recuperar a reserva legal. Grandes propriedades também serão beneficiadas, sem obrigatoriedade de recuperar a reserva legal na área equivalente aos primeiros quatro módulos;
- Permitir a redução da RL de 80% para 50% em área de floresta e de 35% para 20% em área de Cerrado, na Amazônia Legal, até que o Zoneamento Ecológico Econômico seja realizado. A redução da RL também poderá se dar em áreas com vegetação “para fins de regularização ambiental”, e não apenas para fins de recomposição florestal, como está previsto na lei em vigor hoje;
- Em vez de recuperar a reserva legal, comprar áreas em regiões remotas em outros Estados e bacias hidrográficas para compensar o dano ambiental, isentando completamente de compensar efetivamente o impacto no local. Além disso, o proprietário terá também a opção de fazer a compensação em dinheiro, com doação a um fundo para regularização de unidades de conservação.

Recentemente com a Medida Provisória (MP) 571/2012 passou de 620 o número de emendas apresentadas por deputados e senadores, que altera o novo Código Florestal, sancionado pela presidente Dilma Rousseff no último dia 25 de maio do corrente ano. A presidente Dilma Rousseff justificou no “Diário Oficial da União” (28 maio 2012) os vetos parciais e modificações feitas no Código Florestal alegando “contrariedade ao interesse público e inconstitucionalidade” no projeto aprovado na Câmara. Os vetos correspondem aos artigos 1º, 43º, 61º, 76º e 77º e

realizou vetos parciais em parágrafos e incisos dos artigos 3º, 4º, 5º e 26º. A MP 571/2012 introduz mais de 30 alterações no novo Código Florestal (Lei 12.651/2012), como o escalonamento da recomposição obrigatória de faixas de matas ao longo de rios, de acordo com o tamanho das propriedades, o restabelecimento dos princípios da lei florestal e a regulamentação do uso de áreas costeiras para produção de camarão e de sal. As centenas de emendas serão analisadas pela comissão mista encarregada de emitir parecer sobre a MP 571/2012. (BRASIL-Senado Federal, 2012).

Os vetos terão de passar pela análise dos parlamentares, em sessão conjunta da Câmara e do Senado e só podem ser colocados em pauta pelo presidente do Congresso, atualmente José Sarney. A Medida Provisória tem até quatro meses para ser votada, sem perder a validade. Se aprovada na Câmara, vai ao Senado e, caso seja alterada, volta para a análise dos deputados. (G1 Política, 2012).

Dentre os vários vetos apresentados pela presidente Dilma Rousseff, ao novo Código Florestal, salientamos alguns destes que são inerentes ao presente trabalho, relacionados à área de estudo, no caso a Bacia Hidrográfica, dentre às formas de utilização do solo, seja para agricultura ou empreendimentos urbanos, preservação e recomposição das APPs, manutenção e recuperação das Reservas Legais.

No artigo 1º, que define o objetivo do Código Florestal, a presidente alegou veto ao texto devido à ausência de precisão “em parâmetros que norteiam a interpretação e a aplicação da lei” (BRASIL-Mensagem, 2012). O texto da Câmara havia cortado itens apresentados no projeto do Senado que reconheciam as florestas e demais vegetações nativas como bens de interesse comum, com a reafirmação do compromisso de protegê-las, além de reconhecer a importância de conciliar o uso produtivo da terra com a proteção das florestas.

Dilma vetou o inciso XI do artigo 3º, que trata sobre o pousio, *prática de interrupção temporária de atividades agropecuárias para recuperar a capacidade de uso dos solos*. Segundo a justificativa da Presidência, o inciso não estabelece um período de descanso da terra. Essa ausência impede fiscalização efetiva sobre a prática de descanso do solo. (BRASIL-Mensagem, 2012).

O despacho trouxe ainda o veto aos parágrafos 7º e 8º do artigo 4, que se referem à *delimitação das áreas de inundação em rios localizados em regiões urbanas*. De acordo com o projeto da Câmara, a delimitação seria determinada pelos

Planos Diretores e Leis de Uso do Solo dos municípios. De acordo com a justificativa de veto da Presidência, a falta de observação de critérios mínimos de proteção ambiental nessas áreas marginais, que evitariam construções de imóveis próximos a margens de cursos d'água, por exemplo, poderia afetar a prevenção de desastres naturais e proteção de infraestrutura. (BRASIL-Mensagem, 2012).

Sob os vetos dos parágrafos 1º e 2º do artigo 26, que tratam da definição de quais *áreas de preservação podem ser desmatadas* de forma legal para uso alternativo do solo, como atividades agropecuárias, o projeto da Câmara aborda de forma “parcial e incompleta” essas normas. Já existem regras disciplinadas sobre o assunto na Lei Complementar 140, de 8 dezembro de 2011. (BRASIL-Mensagem, 2012). A norma citada prevê cooperação entre os poderes municipal, estadual e federal na proteção de paisagens naturais, combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e flora, dando mais autonomia, por exemplo, aos governos estaduais e/ou municipais em ações que fiscalizam atividades ilegais de desmate ou caça. (G1 Política, 2012).

No artigo 43, sobre a *recuperação de Áreas de Preservação Permanente para empresas concessionárias de serviço de abastecimento de água e de geração de energia hidrelétrica*, o veto se deu pois “o dispositivo impõe o dever de recuperar APPs em toda bacia hidrográfica em que se localiza o empreendimento e não apenas na área no qual este está instalado”. De acordo com o veto, “trata-se de obrigação desproporcional”. (BRASIL-Mensagem, 2012).

No artigo 61, *que trata das regras de recomposição da vegetação nas beiras de rio*, o veto foi feito “devido à redação imprecisa e vaga, contrariando o interesse público e causando grande insegurança jurídica quanto à sua aplicação”. O dispositivo “parece conceder uma ampla anistia” a quem desmatou de forma ilegal até 22 de julho de 2008, sendo que tal fato “elimina a possibilidade de recomposição de uma porção relevante da vegetação do país”. (BRASIL-Mensagem, 2012). Ao incluir regras apenas para rios com até dez metros de largura, “silenciando sobre os rios de outras dimensões e outras APPs”, o texto do projeto da Câmara deixaria uma “grande incerteza” aos produtores brasileiros. (BRASIL-Mensagem, 2012). O despacho informa ainda que o texto da Câmara não levou em conta a desigualdade fundiária do país para estabelecer o tamanho das áreas para reflorestamento e informa dado do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra), apontando que 90% dos estabelecimentos rurais possuem até quatro módulos fiscais e ocupam apenas 24% da área rural do país. (G1 Política, 2012).

A legislação ambiental brasileira é considerada uma das mais completas do mundo e um dos seus principais pilares é o Código Florestal. O novo Código deve ser avaliado minuciosamente para que não haja percas em termos ambientais e sociais, e que possa dar respaldo aos setores públicos perante a cobrança jurídica, para não propiciar o aumento do desmatamento de forma generalizada, atingindo os biomas.

O país precisa valorizar os seus recursos naturais, adotando para o setor rural uma abordagem multifuncional, que inclui, entre outras estratégias, o aumento da produtividade nas áreas já consolidadas, a diversificação da produção e fortalecimento da agricultura familiar, a promoção de sistemas agroflorestais e o pagamento por serviços ambientais. (WWF, 2012).

O processo de discussão do Código Florestal deve considerar a gestão integrada de território, dos recursos hídricos e proteção de solos, fundamentada no conhecimento científico. Assim como a reserva legal e as APPs, o meio ambiente e a agricultura têm funções e estruturas complementares. Qualquer alteração deve ocorrer no sentido de facilitar sua aplicação, e não diminuir a proteção de áreas ambientalmente importantes. Trata-se de criar mecanismos de incentivo à proteção, restauração e produção em bases sustentáveis. (WWF, 2012).

3.5. A EXPANSÃO DO CULTIVO DE CANA-DE-AÇUCAR NO BRASIL E NO ESTADO DE SÃO PAULO

A cana-de-açúcar, principal forma de cultivo na área estudada, é cultivada numa extensa área territorial no Brasil, apresentando melhor produtividade nas regiões quentes.

O clima da área da bacia hidrográfica apresenta duas estações distintas, uma quente e outra úmida, ideal para proporcionar a germinação, perfilhamento e desenvolvimento vegetativo, seguido de outra fria e seca, para promover a maturação e conseqüente acúmulo de sacarose nos colmos de cana-de-açúcar.

Os solos da região da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado são profundos, pesados, bem estruturados, férteis e com boa capacidade de retenção e são ideais para a cana-de-açúcar que, devido à sua rusticidade, se desenvolve satisfatoriamente em solos arenosos e menos férteis, como os de cerrado.

Desde meados da década de 1970, os mercados brasileiros de açúcar e álcool têm passado por importantes transformações que conduziram o país de volta à posição de líder mundial na produção de cana-de-açúcar.

O quadro a seguir divide a evolução recente da agroindústria canavieira em quatro fases, delimitadas pelas diferentes formas de intervenção estatal.

Quadro 2: Faseologia da agroindústria canavieira do Brasil a partir de meados da década de 1970.

Período	Eventos deflagradores	Políticas adotadas	Resultados
1974/1975	Queda dos preços mundiais do açúcar. Primeiro choque do petróleo.	Lançamento do PROÁLCOOL.	Crescimento da produção de álcool anidro.
1979/1983	Segundo choque do petróleo. Estimativas quanto ao esgotamento das reservas de óleo.	Reforço do PROÁLCOOL.	Crescimento da produção de álcool hidratado.
1985/1989	Reversão dos preços do petróleo, crise nas finanças públicas e falta de álcool.	Investimentos na produção nacional de petróleo.	Queda da confiança no álcool combustível.
Pós-1990	Extinção do IAA. Superprodução de álcool. Reestruturação produtiva: questão social e ambiental.	Medidas paliativas: pacto pelo emprego, Brasil álcool, bolsa brasileira de álcool, Auto-gestão setorial: CONSECANA, grupos de comercialização e redução do número de entidades de representação patronal.	Preços e mercados instáveis. Redução no uso de mão-de-obra e intensificação da mecanização da agricultura. Fusões, entrada de empresas estrangeiras e emergência de novas estratégias.

Fonte: Adaptado de SATOLO, 2008.

Editoração: CAZULA, 2011.

O Proálcool – Programa Nacional do Álcool, foi oficialmente implantado em 1975 tendo como objetivos de economizar divisas, com a diminuição das importações de petróleo, e garantir ocupação à capacidade ociosa das unidades industriais. As usinas que não possuíam destilarias anexas foram incentivadas a investir na instalação destes equipamentos, resultando em um incremento da produção de álcool anidro, que é utilizado como aditivo à gasolina (SATOLO, 2008).

Em 1986, diversos fatores contribuíram para que se iniciasse uma fase de avaliação do Proálcool: os preços internacionais do petróleo começaram a declinar, a dependência do país com relação à importação desse produto diminuía devido à sua produção interna crescente, os planos econômicos priorizavam o controle da inflação e do déficit público (suspendendo os financiamentos para a ampliação da

capacidade instalada). Os conflitos entre produtores e governo indicavam a necessidade de um novo modelo de intervenção governamental (SATOLO, 2008).

A partir da reforma administrativa do governo Collor (1990-1992), um novo aparato institucional para a política decisória do álcool e do açúcar foi estabelecido, dentro de um contexto de liberalização econômica do país como um todo, apoiado na Constituição Federal de 1988. Conforme a referida Constituição, o papel de interventor do Estado na economia brasileira alterou-se significativamente, já que estabeleceu que o planejamento estatal deve ter somente caráter indicativo, o que acabou por enfraquecer a ação governamental e, no setor sucroalcooleiro, a força do Instituto do Açúcar e do Alcool – IAA (SATOLO, 2008).

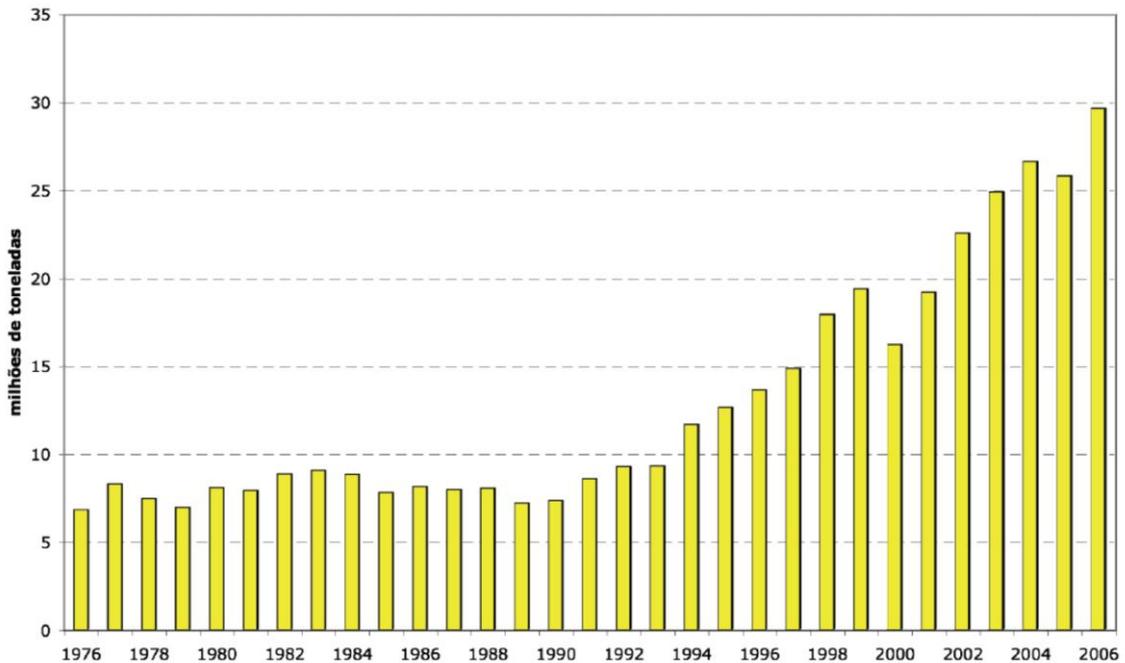
A partir da emissão da portaria n.º 64 do Ministério da Fazenda (em março de 1996), que determinava a liberação dos preços da cana-de-açúcar, do açúcar e álcool, diversos questionamentos emergiram – principalmente à continuidade do uso do álcool hidratado como combustível, já que o mesmo não era competitivo com a gasolina a preços de mercado (SATOLO, 2008).

Desde meados de 1997, vem sendo praticada, no Estado de São Paulo, uma nova fórmula de precificação da cana-de-açúcar que se fundamenta nos preços finais do açúcar e do álcool para fixar as remunerações da cadeia produtiva. Essa nova metodologia está sendo denominada “autogestão”, e tem sido adotada como base para cálculo do preço da matéria-prima, pagamento de arrendamentos e para fixação de salários. Tal proposta assenta-se, obviamente na ideia de divisão de riscos, algo que vigorava antes da criação do IAA, que trata-se do Sistema CONSECANA – Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Alcool, um novo método de remuneração para a matéria prima (SATOLO, 2008).

Esse Sistema, método, de pagamento da cana, foi elaborado por técnicos da Organização de Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil – ORPLANA, e sugerido aos membros da UNICA – União da Agroindústria Canavieira de São Paulo, e foi definido com base na experiência de outros países, onde já ocorria o fornecimento autônomo de cana para a produção de açúcar. Essa metodologia busca basicamente auferir o faturamento obtido pela unidade industrial por tonelada de cana e, através da participação da matéria-prima no custo de produção industrial, determina-se a parcela do faturamento total destinada ao pagamento dos fornecedores (SATOLO, 2008). A evolução da produção total de açúcar no Brasil é apresentada no gráfico a seguir. A mudança na tendência de crescimento, que se torna mais acentuada após os primeiros anos da década de 1990, coincide com o

início da diminuição da intervenção estatal sobre o setor e com a abertura comercial da economia brasileira. Nesse novo contexto institucional, a produção açucareira foi estimulada pela ocorrência de preços internacionais favoráveis.

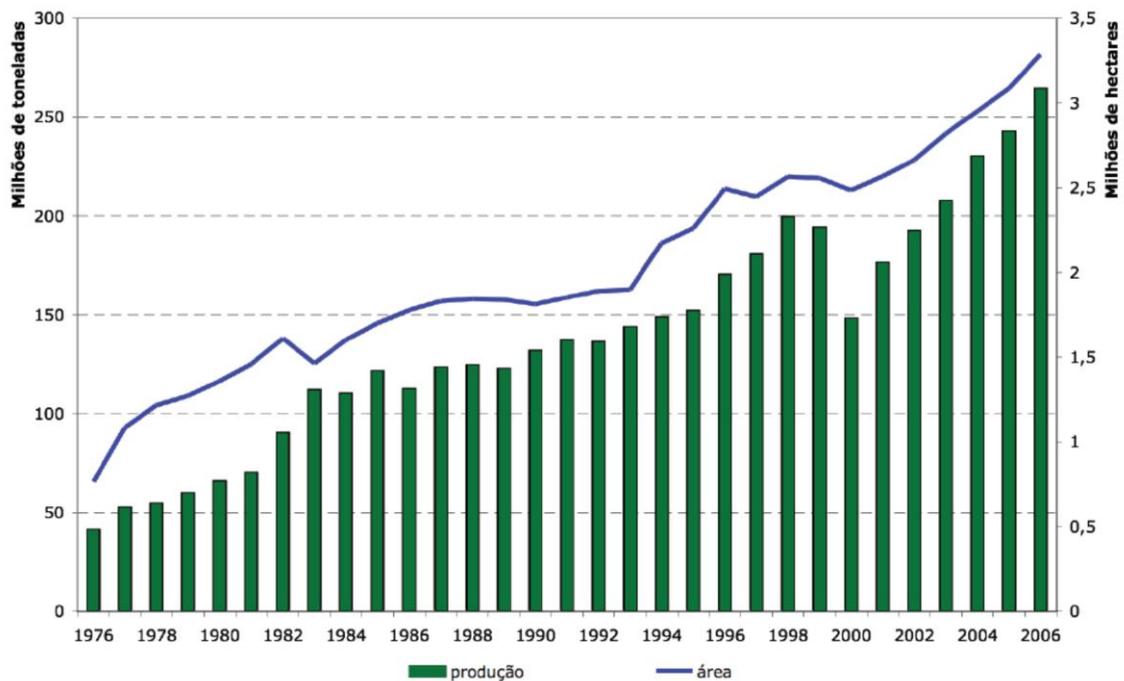
Gráfico 1: Evolução da produção de açúcar no Brasil (1976-2006)



Fonte: SATOLO, 2008.

Nos últimos 30 anos, tanto a produção quanto a área plantada de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo têm aumentado.

Gráfico 2: Evolução da área plantada e da produção de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo (1976-2006)



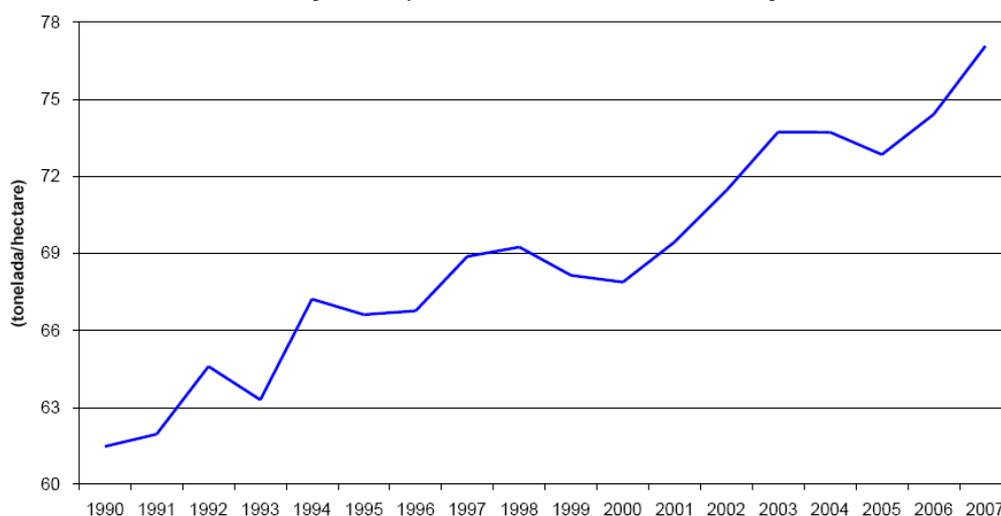
Fonte: SATOLO, 2008.

A cana-de-açúcar pode ser parcialmente enquadrada no modelo de concorrência perfeita, usado para explicar a formação de preço e cálculo de custos de usinas e fornecedores. O complexo Sucroalcooleiro apresenta número de empresas e tipo de produtos característicos de oligopólio competitivo; a escala de produção heterogênea impede uma caracterização precisa; o processamento contínuo, a concentração técnica e a presença de economias de escala aproximam o setor de um oligopólio concentrado. Assim a sua avaliação de um único modelo de competição deve ser evitada (SATOLO, 2008).

A expansão da cana-de-açúcar nos últimos 25 anos aconteceu principalmente no Centro-Sul do Brasil. Entre 1992 e 2003 a expansão deu-se quase totalmente (94%) nas áreas já utilizadas com cana-de-açúcar, sendo que novas fronteiras agrícolas foram pouco utilizadas. No estado de São Paulo, que é responsável por 58% da cana produzida no país (IBGE, 2009), o crescimento ocorreu principalmente pela substituição de áreas de pastagens e das áreas de preservação permanente.

Nestes últimos anos as novas variedades cultivadas permitiram um avanço significativo nos níveis de produtividade no Brasil, conforme pode ser observado no gráfico a seguir, que mostra a evolução da produção da cana-de-açúcar no período de 1990 a 2007 (IBGE, 2009).

Gráfico 3: Brasil: Evolução da produtividade da cana-de-açúcar - 1990 a 2007



Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal.

Conforme o IBGE (2009), produção brasileira de cana-de-açúcar atingiu mais um recorde em 2009. Foram 671 394 957 toneladas, refletindo um aumento de 4,0% em comparação a 2008. Segundo o Instituto de pesquisas nos últimos anos, uma quantidade cada vez maior de cana-de-açúcar tem sido destinada à obtenção

de etanol. Entretanto, a queda na produção de cana-de-açúcar da Índia, que passou de grande exportador a importador de açúcar, valorizou o produto no mercado internacional, atraindo o setor sucroalcooleiro brasileiro que, em 2009, destinou maior volume de matéria-prima para a produção de açúcar do que em 2008.

O preço pago ao produtor depende de uma série de fatores, desde a qualidade da matéria-prima até os preços do açúcar e do etanol. Com a valorização do açúcar no mercado internacional, e o aquecimento dos preços do etanol no mercado interno, o valor da produção da cana-de-açúcar atingiu quase R\$ 24,0 bilhões, um crescimento de 16,0% em relação ao ano de 2008, sendo o segundo produto com maior valor entre os 64 pesquisados (IBGE, 2009).

Tabela 2: Área colhida, quantidade produzida, rendimento médio, variação da produção em relação à do ano anterior, participação no total da produção nacional e valor da produção, segundo as principais Unidades da Federação produtores de cana-de-açúcar - 2009

Principais Unidades da Federação e municípios produtores de cana-de-açúcar	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (t)	Rendimento médio (kg/ha)	Variação da produção em relação ao ano anterior (%)	Participação no total da produção nacional (%)	Valor da produção (1 000 R\$)
Brasil	8 514 365	671 394 957	78 854	4,0	100,0	23 960 835
São Paulo	4 686 475	388 933 898	82 991	0,7	57,9	12 833 625
Minas Gerais	715 628	58 384 105	81 584	21,8	8,7	1 860 198
Paraná	595 371	53 831 791	90 417	5,0	8,0	1 730 859
Goiás	515 608	42 972 585	83 344	29,8	6,4	1 583 349
Alagoas	434 005	26 804 130	61 760	(-) 8,3	4,0	1 308 600
Mato Grosso do Sul	285 993	25 228 392	88 213	18,1	3,8	823 249
Pernambuco	352 276	19 445 241	55 199	(-) 4,5	2,9	989 453
Demais Unidades da Federação	929 009	55 794 815	60 058	(-) 0,4	8,3	2 831 503

Fonte: IBGE, 2009.

O estado de São Paulo, maior produtor nacional, concentrou 57,9% da produção brasileira, mas apresentou um crescimento de apenas 0,7% na produção em relação a 2008, alcançando um total de 388,9 milhões de toneladas. Esta redução no ritmo de crescimento do setor no estado deveu-se, principalmente, à dificuldade de se conseguir crédito para novos investimentos, fundamentalmente depois da crise internacional que afetou diversos setores da economia. Além disso, os empresários do setor têm procurado expandir seus investimentos em estados onde o custo de implantação e de produção seja menor, a começar pelo preço das terras, que geralmente são mais acessíveis na Região Centro-Oeste.

O clima também prejudicou o andamento da colheita e da qualidade da matéria-prima no ano de 2009, já que, pela impossibilidade de colheita, grandes

áreas só foram colhidas na safra 2010. Vale ressaltar que geralmente ocorre uma perda na qualidade da matéria-prima quando este fato acontece, trazendo prejuízos para o setor (IBGE, 2009).

**C
A
P
Í
T
U
L
O

4**

4 METODOLOGIA

Este trabalho é concebido sob a metodologia de análise sistêmica, como base para a integração dos componentes geoambientais e socioeconômicos, que formam o conjunto da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, considerado como um sistema ambiental. Neste ambiente os elementos interdependentes funcionam harmonicamente conduzidos por fluxos de massa e/ou energia de modo que cada um dos seus componentes reflète um sobre os outros as mudanças nele impostas por estímulos externos.

Sob esta concepção, os estudos descartam a abordagem meramente setorial que enfatiza cada componente individualmente, seja a vegetação, a água, os minerais, seja o próprio homem, detendo-se na análise integrada e correlações guiadas pelos princípios de interdisciplinaridade.

A metodologia sistêmica consiste em analisar o ambiente de forma holística considerando os níveis de análises como sendo o morfológico, encadeante, processo-resposta e controle (CHRISTOFOLETTI, 1999).

O conjunto de atividades desenvolvidas na metodologia utilizada para a pesquisa bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado será apresentado levando-se em consideração as principais observações acerca dos trabalhos de campo, laboratório e gabinete.

As seguintes etapas foram utilizadas na metodologia adotada:

4.1 TRABALHOS DE GABINETE

Desta etapa constam os trabalhos realizados em gabinete, sendo considerados aqueles voltados para o manuseio cartográfico, para a geração do arcabouço sistêmico, para o uso da tecnologia do geoprocessamento, com vistas à caracterização do uso da terra multitemporal na parte componente da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

4.1.1 Levantamento bibliográfico

Foram utilizadas referências bibliográficas disponíveis na biblioteca da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul no Campus de Três Lagoas, referentes

ao uso das Geotecnologias com foco ao sensoriamento remoto e sobre geoprocessamento, como também livros sobre planejamento ambiental. Algumas obras bibliográficas de professores da universidade foram usadas para direcionar o estudo sobre à área física da pesquisa.

Foram feitas consultas bibliográficas para classificação da drenagem (forma, tipo e padrão de drenagem); sistema de classificação dos rios, e formas do relevo. Para a certificação do presente trabalho além das análises necessárias, foram feitas o levantamento da bibliografia pertinente. Nesse sentido, que se deu a análise geoambiental da área estudada.

4.1.2 Levantamento de dados secundários

Para esta etapa utilizaram-se artigos acadêmicos, trabalhos científicos, monografias, dissertações e teses referentes à temática empregada nesta pesquisa como referência para os procedimentos metodológicos a serem abordados, encaminhando algumas atividades documentais, experimentais e até de campo. Todas estas atividades foram utilizadas durante a concretização do trabalho.

Empregaram-se, na pesquisa, algumas consultas no meio digital, com enfoque nos dados referentes à bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado disponibilizados pelos departamentos públicos municipais dos municípios que a mesma abrange, e também foram pesquisadas, na internet, as Leis Ambientais das esferas, municipal, estadual e federal, bem como a dilatada discussão sobre a implantação do novo Código Florestal.

4.1.3 Elaboração da base cartográfica

Neste trabalho foram utilizados cartas topográficas elaboradas pelo IGGSP (Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo) e pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia) de escala 1:50.000 e Projeção Universal Transversa de Mercator, que compreendem a bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, as folhas: Penápolis, 1967, SF-22-J-II-4; Buritama, 1967, SF-22-J-II-2; Alto Alegre, 1974, SF-22-X-C-V-2; Planalto, 1972, SF-22-X-C-III-1; Avanhandava, 1973, SF-22-X-C-III-3; e Promissão, 1973, SF-22-X-C-VI-1.

Assim a etapa cartográfica, de constituição da base de dados, buscou analisar a bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em nível morfológico com o

propósito de individualizar, hierarquizar e caracterizar as partes componentes do subsistema da bacia hidrográfica.

4.2 COMPOSIÇÃO TEÓRICA DA ESTRUTURA SISTÊMICA

A partir da base cartográfica foi definida a composição da estrutura sistêmica, voltada para o atendimento da hierarquização, individualização e posterior caracterização das partes componentes do subsistema bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

O presente trabalho adotou a seguinte hierarquização sistêmica:

- SISTEMA: Bacia hidrográfica do Rio Paraná;
- SUBSISTEMA: Bacia hidrográfica do Rio Tietê;
- PARTE COMPONENTE: Bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

A bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, portanto, será estudada e analisada através dessa estrutura sistêmica, e suas alterações ambientais serão identificadas a partir de seus componentes.

4.3 LEVANTAMENTO DA BASE OPERACIONAL

Com a pesquisa realizada através do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geografia – Bacharelado, elaborado por Cazula (2009), foram identificadas 6 classes presentes na área da bacia hidrográfica: ÁGUA, CULTURAS, PASTAGEM, SOLO EXPOSTO, ÁREAS DE VEGETAÇÃO NATURAL e ÁREA URBANIZADA. Estas classes foram estabelecidas conforme orientações do Manual Técnico do Uso da Terra (IBGE, 2006), a qual estabelece escala de trabalho para mapeamentos de uso e cobertura da terra.

Efetivou-se o levantamento de dados secundários no IBGE, no Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA, através da coleta de informações das Produções Agrícolas Municipais (1990-2009) dos cinco municípios que se inserem na área de estudo, com dados fornecidos em pesquisas pelos proprietários rurais, onde foi possível realizar a montagem de tabelas e gráficos de dados quantitativos

da agropecuária existente na área destes municípios que compõem a bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

Conforme as informações dos cenários ambientais presentes na área de estudo, apresentadas em trabalho anterior (CAZULA, 2009), os dados quantitativos, adquiridos no Banco de dados do IBGE – SIDRA, são resultados de pesquisas da “Produção Agrícola Municipal – PAM”, que investiga um elenco de 64 produtos, que são divididos em produtos de “Lavouras Temporárias” e “Produtos de Lavouras Permanentes”. Já para a pecuária foram levantados os dados provenientes da “Pesquisa Pecuária Municipal - PPM”, que fornece informações estatísticas sobre efetivo dos rebanhos, ovinos tosquiados, vacas ordenhadas e produtos de origem animal, sendo publicado anualmente e atinge todo o território nacional, com informações para o Brasil, Regiões Geográficas, Unidades da Federação, Mesorregiões Geográficas, Microrregiões Geográficas e Municípios.

Utilizaram-se as cartas topográficas elaboradas pelo IGGSP (Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo) e pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia) de escala 1:50.000 com Projeção Universal Transversa de Mercator, que inserem-se na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

Como base de resultados, da área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, utilizaram-se imagens CBERS-2B (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) do ano de 2008, imagens de radar SRTM (Shuttle Radar Topography) do ano de 2000 e fotografias aéreas. Além disso, utilizou-se um receptor GPS (Sistema de Posicionamento Global) Garmin Electronic Map, para georreferenciar e demarcar os pontos de análise na imagem e uma câmera digital para registros fotográficos (CAZULA, 2009).

Para a análise multitemporal foram utilizadas imagens de satélite da série LANDSAT (Land Remote Sensing Satellite) como a imagem LANDSAT-7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus), ortorretificada, do ano de 2000, imagens LANDSAT-5 TM (Thematic Mapper), dos anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e 2011, órbita 222, ponto 75.

Delimitou-se a bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado através de seus divisores de água com base nas imagens de radar SRTM.

As bases de dados físicos são compostas por arquivos onde os mesmos são armazenados; quando as informações são associadas aos programas de gerenciamento, estes permitem executar rotinas de manutenção e controle, o que resulta nos bancos de dados.

4.4 USO DE GEOTECNOLOGIAS – IMPLANTAÇÃO DO BANCO DE DADOS, PROJETO, MODELO DE DADOS E PAINEL DE CONTROLE

Para a apresentação dos resultados almejados nesta pesquisa, perante a análise multitemporal (1985-2011), foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 5, lançado em 01 de Março de 1984, e encontra-se ativo até o presente momento, com funcionamento de órbita equatorial a 705 km de altitude. Para a pesquisa da área de estudo correspondente utilizou-se a imagem: órbita 222, ponto 75, ou seja, 222/75. O sensor TM (Thematic Mapper) a bordo do satélite LANDSAT 5 faz o imageamento da superfície terrestre produzindo imagens com 185 Km de largura no terreno, resolução espacial de 30 metros e 7 bandas espectrais. O tempo de revisita do satélite para imagear uma mesma porção do terreno é de 16 dias. Deste satélite serão utilizadas as imagens dos anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e 2011, sendo que o período das imagens selecionadas foi de outono e inverno de cada ano supracitado, estações que propiciam uma melhor visualização do território imageado, devido a baixa incidência de nuvens. A única exceção, em relação ao período estipulado, foi da imagem de 1990, pois devido a imperfeições na imagem inicialmente escolhida, 06 de agosto, foi necessário utilizarmos a imagem do final do verão daquele ano, 27 de fevereiro, tendo em vista que a qualidade das poucas imagens disponibilizadas pelo site DGI/INPE. Assim sendo apresentamos na tabela abaixo as datas das imagens utilizadas.

Tabela 3: Datas das imagens LANDSAT TM 5 órbita 222, ponto 75, utilizadas na análise multitemporal

ANO	DIA E MÊS
1985	23 de julho
1990	27 de fevereiro
1995	30 de abril
2000	16 de julho
2005	14 de julho
2011	15 de julho

Editoração e Organização: CAZULA, 2012

Para fazer o registro das imagens dos sensores orbitais foram utilizados, como base única de referência, os mosaicos georreferenciados de imagens LANDSAT-TM ortorretificadas, do ano de 2000, S-22-20_2000.

Utilizaram-se também imagens orbitais (SRTM - Shuttle Radar Topography Mission), do ano de 2000, SF-22-X-C, que possibilitaram um levantamento mais rápido e detalhado da bacia hidrográfica, tornando-se possível a construção de

modelo sombreado do terreno, apresentação do relevo em 3D, modelagem hidrológica e uma diversidade de cálculos matemáticos (declividade, elevação, áreas, polígonos, comprimento, etc.) a partir dos produtos SRTM (CAZULA, 2009).

O critério para a seleção das imagens orbitais, na análise multitemporal (1985-2011), foi a disponibilidade de dados quantitativos provenientes dos municípios estudados (Alto Alegre, Barbosa, Braúna, Glicério e Penápolis), disponíveis no Banco de dados do IBGE – SIDRA, no que se refere à ocupação da terra na área estudada, pois dentre os quais pode-se comparar estes resultados advindos de pesquisas pontuais realizadas, com as quantificações a serem identificadas na área através da análise e interpretação de imagens orbitais.

Os procedimentos operacionais para os processamentos dos dados orbitais, cadastrais e temáticos foram realizados em um SIG. A primeira etapa constituiu-se na criação de um banco de dados, projeto, categoria (modelos: imagem, cadastral, MNT e temático) e planos de informação. Segundo Christofolletti (1999, p. 29) “Na atualidade, os SIGs (Sistemas de Informações Geográficas) incorporam muitos princípios relacionados com o manejo de banco de dados relacionais, algoritmos gráficos poderosos, interplotação, zoneamento e análise de redes simplificadas”.

O trabalho tem por base a aplicação de um método para a interpretação espaço-temporal, dentro de um ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), das imagens de satélites, de distintas datas, para obter-se os dados de uso da terra de vários períodos, colocando-os num banco de dados georreferenciado. Foi utilizado o software SPRING 5.2 (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) que é um banco de dados geográfico de segunda geração, para ambientes UNIX e Windows, o mesmo tem se mostrado uma opção altamente atrativa na área de geoprocessamento, pois é um software de domínio público. O SPRING é um produto desenvolvido com tecnologia totalmente nacional, idealizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

Utilizou-se, para finalizar imagens, figuras e mapas deste trabalho o software Corel Draw X3 como ferramenta capaz de modelar e estruturar os objetos pretendidos nessa pesquisa.

A geração de um banco de dados geográfico caracteriza-se por ser concebida para uso em ambientes cliente-servidor, acoplado a gerenciadores de bancos de dados relacionais e com pacotes adicionais para processamento de imagens. Desenvolvida em ambientes multiplataforma com interfaces baseadas em janelas. Esta geração de sistemas se caracteriza por sistemas concebidos para

operar como um banco de dados geográfico, entendido como um banco de dados não-convencional aonde os dados tratados possuem, além de atributos descritivos, uma representação geométrica no espaço geográfico.

Foi utilizado como base para a pesquisa o banco de dados “Atlas_BR_dbase” (Figura 4) e os dados armazenados de forma a facilitar a organização, consulta e atualização das informações.

Na sequência da implantação do Banco de Dados, foi criado um “Projeto” (Figura 4) que define a área física do trabalho, através do nome “Ribeirão_Lajeado”, projeção e retângulos envolventes onde todos os dados e que através de PIs (Planos de Informação) serão manipulados os dados para a obtenção dos mapeamentos. Também foi necessário criar/definir o “Modelo de Dados” (Figura 4) do banco de dados ativo, pois cada mapa deverá pertencer a uma Categoria (a um único Modelo), ou seja: Temático, Numérico, Imagem, Rede, Cadastral ou Objeto. Um Banco de Dados no SPRING corresponde fisicamente a um diretório onde serão armazenadas suas definições de Categorias e Classes, e os projetos pertencentes ao banco. Os projetos são armazenados em subdiretórios juntamente com seus arquivos de dados: pontos, linhas, imagens orbitais e aéreas, imagens temáticas, textos, grades e objetos (Figura 4).

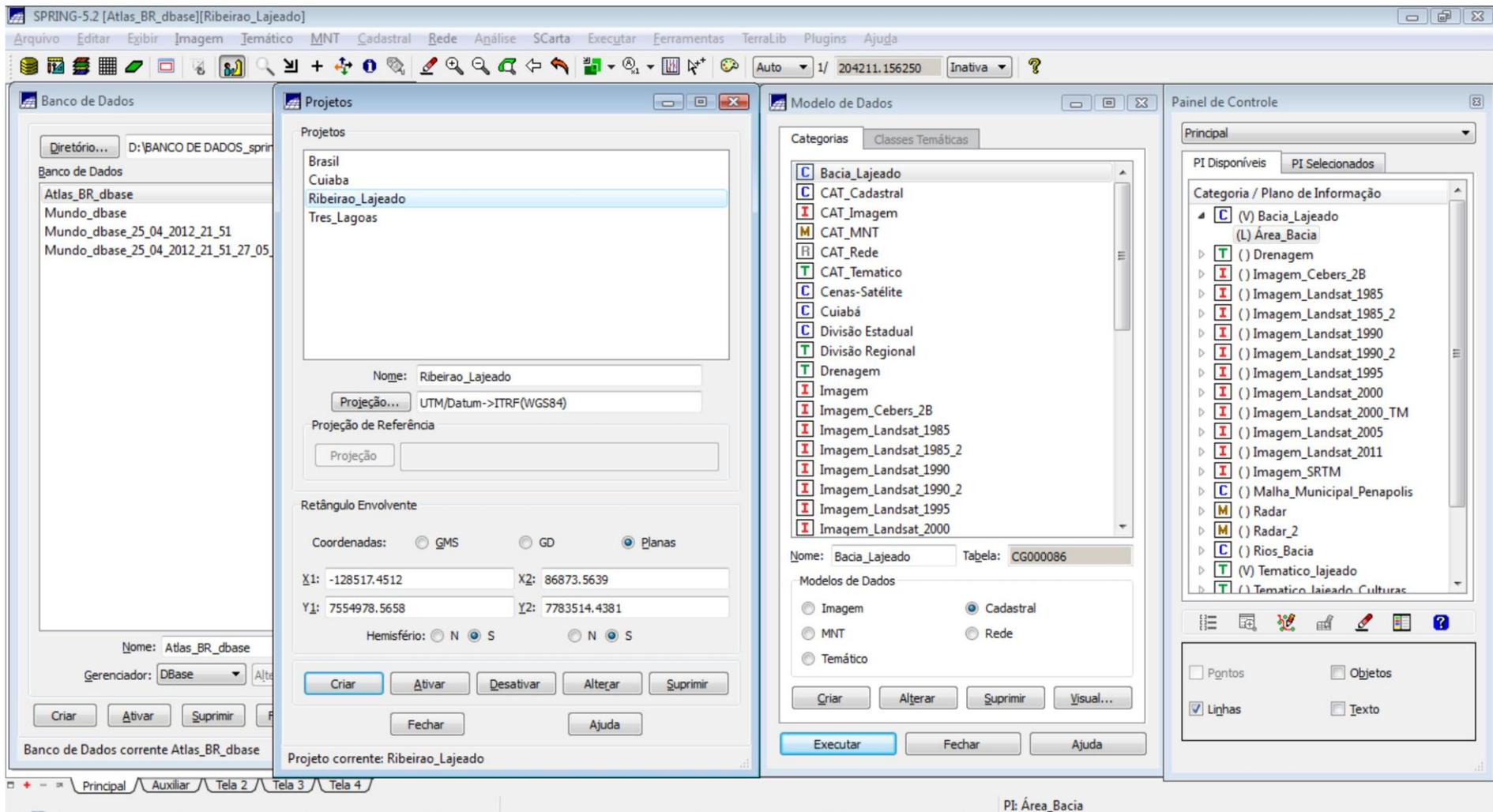


Figura 4: Módulo de criação do Banco de Dados, Projeto, Modelo de Dados e Painel de Controle no Sistema de Informação Geográfica SPRING 5.2.

Fonte: Tutorial SPRING.

4.4.1 Processamento Digital de Imagens

As imagens são matrizes de valores digitais chamados de “pixels”. Cada pixel corresponde a um retângulo na superfície da imagem original, não digital. Em uma imagem espectral, os “pixels” contêm valores relacionados à reflectância ou emitância dos objetos da superfície. Pela natureza do processo de aquisição de imagens, é necessário recorrer a técnicas de fotointerpretação e de classificação para individualizar os objetos geográficos.

O processamento digital de imagens visa a identificação, extração, condensação e realce da informação de interesse, a partir da quantidade de dados que usualmente compõem as imagens digitais. O processamento digital de imagens fornece ferramentas para facilitar a identificação e a extração das informações contidas nas imagens, para posterior interpretação. Esta técnica automática de interpretação representa economia de custo e de tempo no mapeamento. Técnicas de realce, filtragem e classificação multiespectral são usadas na interpretação digital com o objetivo de extrair informações sobre o uso da terra. No processo de interpretação dois tipos de classificação podem ser utilizados: não-supervisionada e supervisionada.

Cores, texturas, arranjos e formas são exemplos de características espectrais de feições observadas nas imagens que revelam os alvos imageados, permitindo a identificação de padrões essenciais na interpretação de imagens e a classificação do tipo de cobertura e de uso da terra. Para a interpretação dessas características a utilização das imagens falsa-cor é bastante útil para melhor discriminar os alvos analisados.

É importante frisar que para a interpretação digital, o intérprete deve possuir um conhecimento específico de sensoriamento remoto para identificar as características espectrais dos alvos relativas ao tipo de sensor que se está manipulando.

A interpretação de imagens digitais de sensores remotos no mapeamento do uso e cobertura da terra visa à identificação de padrões de imagem que guardem certa homogeneidade e que possam ser representados na escala pretendida pelo mapeamento, segundo classes previamente definidas.

O processamento digital foi estabelecido a partir dos seguintes procedimentos operacionais, apresentadas a seguir.

4.4.2 Registro de Imagem

Registro é uma transformação geométrica que relaciona as coordenadas da imagem (linha e coluna) com as coordenadas geográficas (latitude e longitude) de um mapa. Essa transformação elimina distorções existentes na imagem, causadas no processo de formação da imagem, pelo sistema sensor e por imprecisão dos dados de posicionamento da plataforma (aeronave ou satélite).

Foi extremamente necessário fazer o registro das imagens que não estavam georreferenciadas para possibilitar a integração de uma imagem com mapas e a outros dados georreferenciados. Neste momento foi utilizado um módulo do sistema SPRING 5.2, denominado de Registro de Imagem, que tem como objetivo superpor os pontos notáveis demarcados na imagem de satélite LANDSAT-TM, do ano de 2000, S-22-20_2000, aos mesmos pontos das imagens LANDSAT 5 (1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e 2011), órbita 222, ponto 75, das 7 bandas de cada ano. Desta forma, todas as imagens ficaram georreferenciadas, de acordo com a base cartográfica do padrão do sistema UTM (Universal Transversa Mercator), Modelos da Terra em WGS-84, em Zona 23 (Figura 5).

Utilizou-se, para adquirir os pontos, o modo através de um plano de informação já georreferenciado (modo Tela). Neste modo foi utilizado o PI com a imagem LANDSAT-TM 2000, ortorretificada que foi adquirida no endereço <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>, acesso gratuito, georreferenciada.

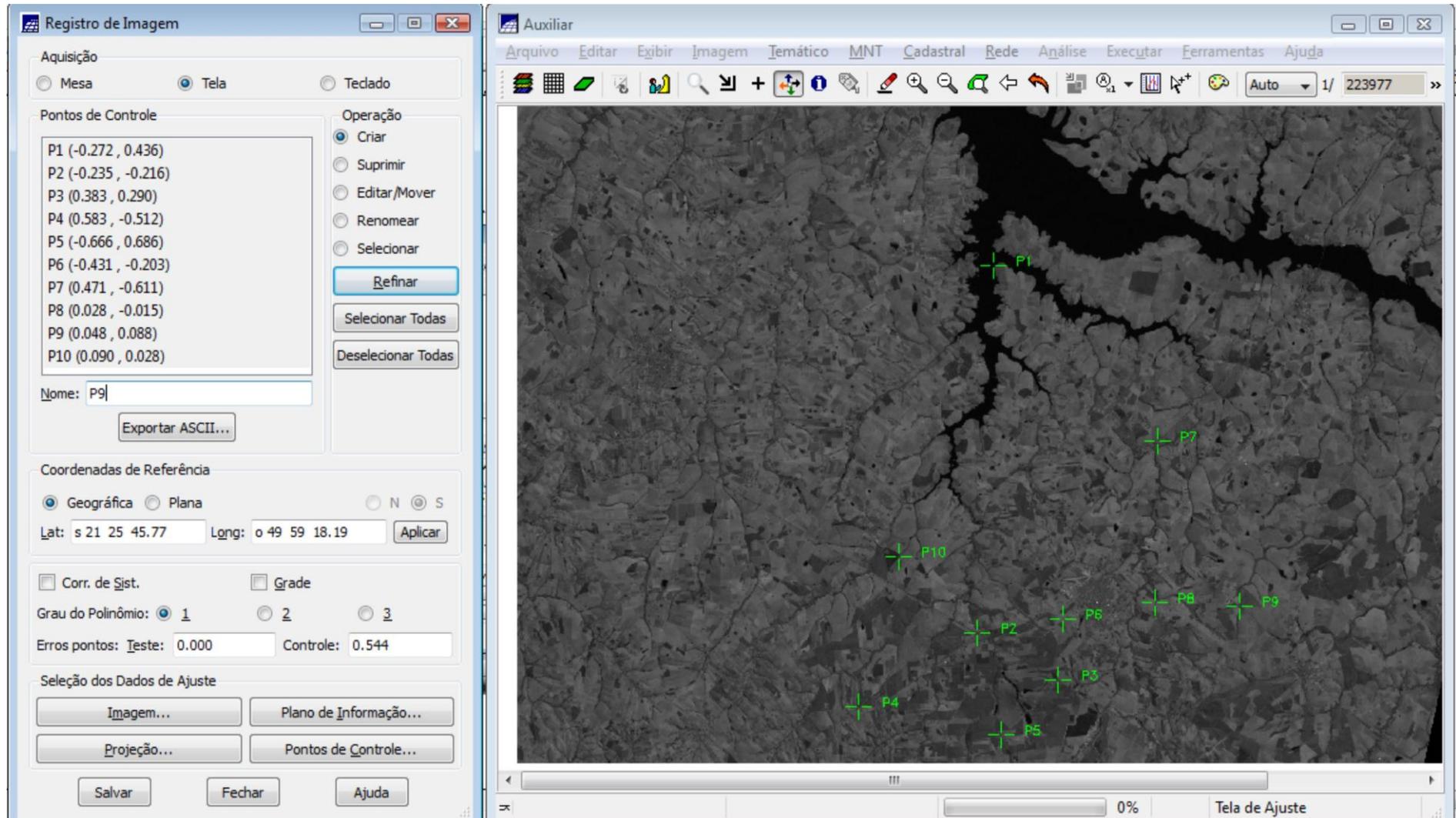


Figura 5: Módulo de Registro no Sistema de Informação Geográfica SPRING 5.2 e pontos determinados na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

Fonte: Tutorial SPRING.

4.4.3 Recorte das Imagens

Por não haver a necessidade de se trabalhar com as imagens de satélites inteiras, recortaram-se as mesmas (LANDSAT-TM e CBERS-2B) por meio dos limites, cotas altimétricas e os divisores de água, da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado. Para este procedimento foi utilizada a função recortar plano de informação do menu ferramentas do SPRING 5.2 (Figura 6).

Através dos processamentos descritos foi encerrada a fase de pré-processamento das imagens de satélite, sendo assim as mesmas ficaram prontas para as análises e mapeamentos. O próximo passo foi a fase de pós-processamento com o objetivo de analisar as informações e produzir os mapeamentos temáticos multitemporal de 1985 a 2011.

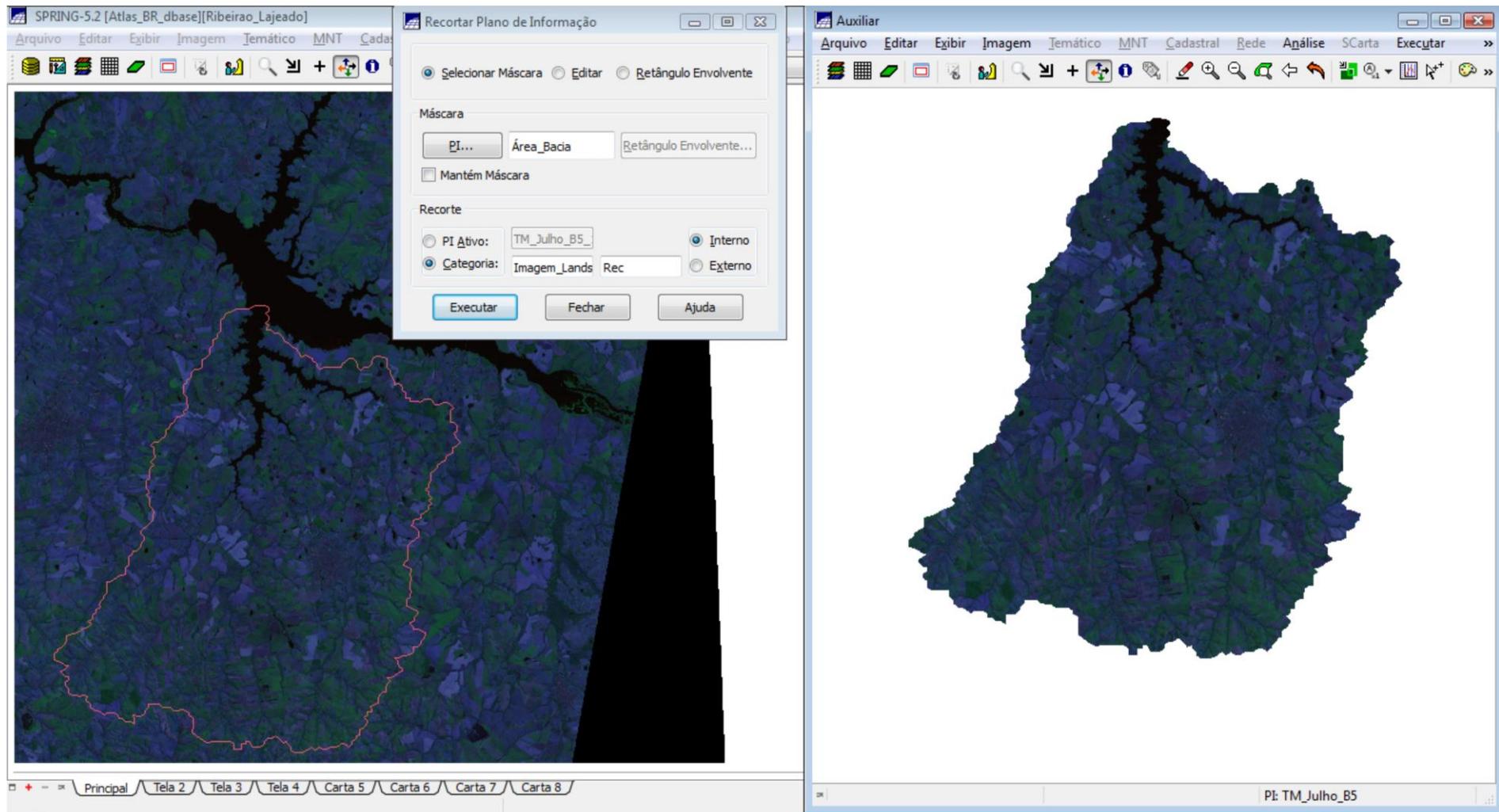


Figura 6: Módulo de Recorte de PI no Sistema de Informação Geográfica SPRING 5.1.3 e imagens da área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, região e recorte.

Fonte: Tutorial SPRING.

4.4.4 Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra

O mapeamento de uso e cobertura da terra no software SPRING 5.2 inicia com o procedimento da segmentação da imagem consoante os parâmetros da interface. Essa escolha deve levar em conta a intensidade de ocupação e do uso da terra. Quanto mais densa e homogênea for a cobertura natural, a escolha do parâmetro do tamanho da área em pixels e a similaridade dos tons de cinza devem recair sobre uma seleção de valores que comportem a maior aglutinação de pixels, o que reduzirá significativamente a quantidade de polígonos gerados na segmentação.

A segmentação poderá ser feita a partir da amostragem dos pixels da cena. O processo de classificação multiespectral requer o trabalho com todas as bandas envolvidas. A importação de polígonos construídos no SPRING apresenta duas vantagens: a de guardar no centróide o nome da classe, isto é, as classes são incorporadas já na forma de centróide, e a de manter a integridade do polígono. As edições que são efetuadas referem-se apenas à adequação do tema às bases cartográficas.

4.4.5 Melhor composição colorida para identificação de vegetação em imagens LANDSAT TM 5

Nesta pesquisa são utilizadas as imagens do Landsat-5 TM, lançado em março de 1984, que ainda encontra-se em operação e possui o sensor MSS, TM.

Abaixo apresentamos, na tabela 4, as principais características e aplicações das bandas do sensor Landsat TM, conforme a radiação eletromagnética de sua faixa espectral para cada um dos sete sensores.

Tabela 4: Principais características e aplicações da radiação eletromagnética correspondente às bandas do sensor TM do Landsat-5

Banda	Faixa Espectral (nm)	Principais aplicações das bandas TM do Landsat
1	(0,45 – 0,52)	Apresenta grande penetração em corpos d'água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos. Sofre absorção pela clorofila e outros pigmentos da planta. Apresenta sensibilidade às plumas de fumaça oriundas de queimadas ou outra atividade industrial. Pode apresentar atenuação atmosférica.
2	(0,52 – 0,60)	Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise quanto a quantidade e qualidade de água. Boa penetração em corpos d'água.
3	(0,63 – 0,69)	Região de forte absorção pela vegetação verde. Permite bom contraste em áreas ocupadas com vegetação e aquelas sem vegetação. Permite análise da variação litológica em locais com pouca vegetação. Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal. Permite o mapeamento da rede de drenagem

		através da visualização da mata de galeria e entalhamento dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal.
4	(0,76 – 0,90)	Permite o mapeamento de corpos d'água pela forte absorção da energia nesta região pela água. A vegetação verde, densa e uniforme reflete muito a energia, aparecendo em tom de cinza claro nas imagens. Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre a geomorfologia, solos e geologia.
5	(1,55 – 1,75)	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por deficiência hídrica. Esta banda sofre perturbações em caso de ocorrência de chuvas antes da obtenção da imagem pelo satélite.
6	(10,4 – 12,5)	Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.
7	(2,08 – 2,35)	Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre geomorfologia, solos e geologia. É potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidrotermal.

Fonte: INPE, 2012.

Organização: CAZULA, 2012

A partir de procedimentos metodológicos foi criada uma imagem prévia da área de estudo, para cada ano pesquisado, utilizando as cores vermelho – R, verde – G e azul – B nas respectivas imagens LANDSAT 5 TM e bandas (3, 4 e 5), que compreendeu a seguinte composição colorida: R3, G4 e B5. Esta composição permitiu visualizar mais claramente os limites entre o solo e a água, com a vegetação discriminada, aparecendo em tons de verde. Essa parte do processo foi importante para a primeira análise visual da área de estudo por completo, pois facilitou visualizar as manchas de vegetação na imagem do ano estudado e ainda visualizar previamente a vegetação e uso da área. Denotou-se a que as colorações em tons verdes claro de textura lisa correspondem como **culturas temporárias**, confirmadas com as análises *in loco*, as cores roxas claro de textura lisa entenderam-se como **pastagens**, cores roxas avermelhadas rugosas representam áreas **construídas ou urbanas**, cores azuis escuros de textura lisa como **corpos aquáticos**, cores verde escura de texturas rugosas interpreta-se como **vegetação natural e/ou mata** e cores brancas e rosas claro demonstram **solo exposto**.

De acordo com Rosa (2007) as bandas 3, 4 e 5, do satélite LANDSAT 5 TM, utilizadas nesta pesquisa possuem as seguintes características:

- **Banda 3 (0,63 – 0,69 μm ; faixa espectral do vermelho):** apresenta bom contraste entre as áreas ocupadas (ex.: solo exposto, estradas e áreas urbanas);

boa diferenciação entre os tipos de cobertura vegetal (ex.: campo, cerrado e floresta); e permite identificar as áreas agrícolas;

- **Banda 4 (0,76 – 0,90 μ m; infravermelho próximo):** levantamento de biomassa apresenta bom mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água; boa sensibilidade à rugosidade da copa das florestas e à morfologia do terreno; permite mapeamento de áreas queimadas;
- **Banda 5 (1,55 – 1,75 μ m; infravermelho médio):** apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico.

Com a composição R3G4B5, para os anos de 1990, 1995, 2000, 2005 e 2011, conseguiu-se diferenciar a vegetação, solo e água com nitidez. Sua nitidez está relacionada devido a sensibilidade do infravermelho médio da banda 7 com infravermelho próximo da banda 4, tendo uma distinção do solo, geologia, geomorfologia. Outro fator para ocorrer a boa visualização pode estar relacionado com a banda 4 que enfatiza a diferenciação da água e solo, agricultura e solo.

Com a composição R3G4B5, foi possível diferenciar a vegetação, solo e água com nitidez, sendo a melhor composição para distinção dos recursos naturais.

Estes produtos contribuíram num patamar para a geração dos mapeamentos temáticos e dos cenários ambientais, possíveis de serem analisados em trabalhos de campo e quantificados no SPRING 5.1.3. Nesta etapa, compuseram os seguintes procedimentos, que descreveremos a seguir.

4.4.6 Realçamento das imagens

O realçamento das imagens LANDSAT teve como objetivo evidenciar as áreas ocupadas na região da bacia hidrográfica de um modo especial da vegetação, água, solo exposto e área urbana. Para tanto, na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, foi aplicado um contraste linear, nas imagens das bandas 3, 4 e 5, para todos os anos estudados, cujo resultado é mostrado na figura 7.

A manipulação do realce de contraste consiste numa transferência radiométrica em cada “pixel”. Realiza-se a operação ponto a ponto, independentemente da vizinhança.

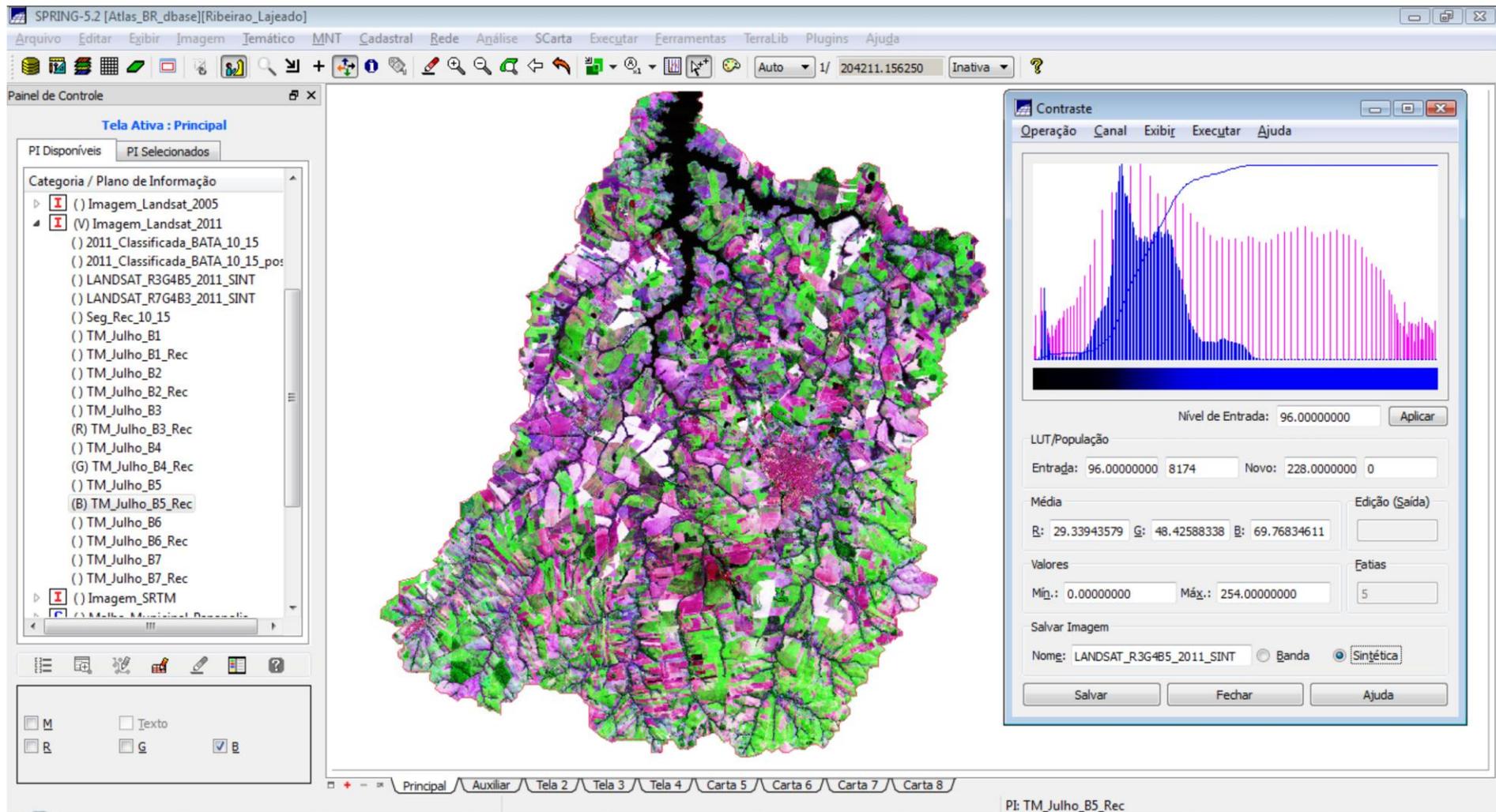


Figura 7: Módulo de realçamento de contraste no Sistema de Informação Geográfica SPRING 5.2 e imagem sintética da área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

Fonte: Tutorial SPRING.

A técnica de realce de contraste é caracterizada por melhorar a qualidade das imagens para facilitar a visualização de feições nas mesmas. A Manipulação do Contraste não altera os dados da imagem, tem como objetivo aumentar a discriminação visual entre os objetos presentes na imagem.

4.4.7 Segmentação das Imagens

Para efetuar a classificação do uso da terra da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, perante a análise multitemporal, através das imagens de satélite LANDSAT 5 TM, 1985-2011, foi aplicado o processo de segmentação da imagem.

A segmentação de uma imagem por crescimento de regiões é um procedimento realizado, em geral, como etapa anterior a classificação não-supervisionada. Consiste em agrupar conjuntos de pixels com número digitais (nível de cinza) semelhantes. A individualização das diferentes fisionomias dá-se na forma de polígonos, conforme é mostrado na figura 8.

Perante o módulo de segmentação a técnica utilizada foi o método de crescimento de regiões, com similaridades e áreas (pixels) variáveis para cada ano da análise multitemporal, devido à qualidade das imagens utilizadas. Na execução do processo de segmentação foi preciso definir o parâmetro limiar de área, corresponde a área mínima a ser considerada como uma região, definida em número de pixels ou menor, caso não seja detectados todas as feições do ambiente. Neste trabalho, os limiares de similaridade e área definidos foram de 12 e 20, respectivamente, para os anos de 2011 e 2005; similaridade 6 e área 8 no ano de 2000; similaridade 10 e área 20 no ano de 1995 e 1990; e similaridade 8 e área 12 especificamente no ano de 1985.

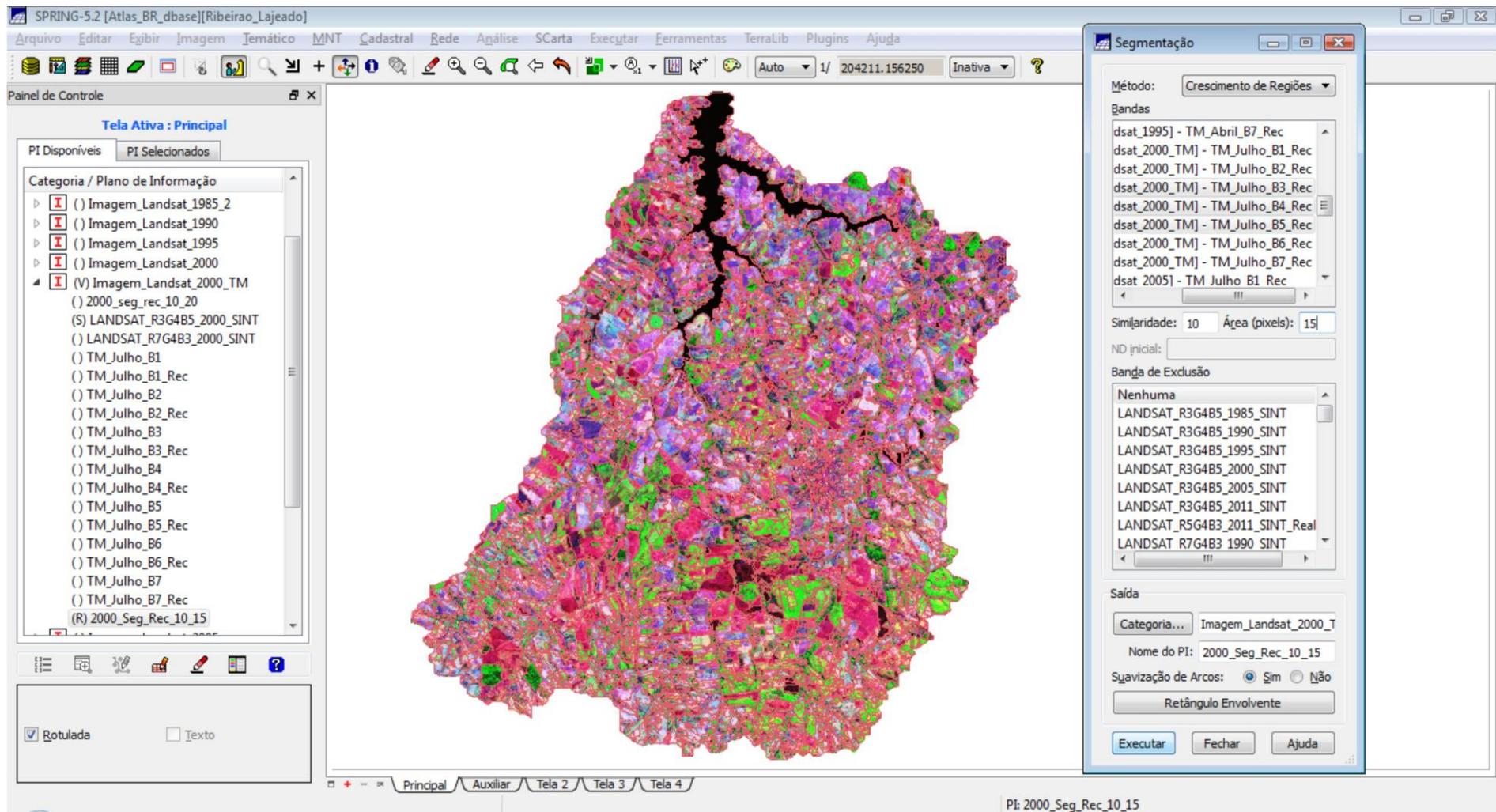


Figura 8: Módulo de segmentação no Sistema de Informação Geográfica SPRING 5.2 e imagem rotulada da área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

Fonte: Tutorial SPRING.

4.4.8 Geração do Arquivo de Contexto e Extração de Regiões

Para realizar a classificação é necessário criar um arquivo de contexto, onde são armazenadas informações tais como: a) tipo de classificação por regiões; b) bandas ou imagens utilizadas; e c) imagem segmentada. A extração das regiões é um procedimento em que o algoritmo extrai os atributos estatísticos (médias e matrizes de covariância) do conjunto de regiões definido pela segmentação.

No presente trabalho os dados de uso e cobertura da terra foram obtidos a partir de classificação supervisionada e interpretação digital de imagens do satélite.

4.4.9 Classificação da Imagem

Classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos. O Classificador “crescimento por regiões” utiliza a detecção de todas as feições do ambiente para achar regiões homogêneas. A área de estudo foi classificada usando o classificador supervisionado e interpretação digital das imagens de satélite LANDSAT 5 TM, cujos resultados da classificação são mostrados na figura 9. Após a criação da imagem segmentada e de criar o arquivo contexto, executou-se o treinamento, realizada com a aquisição de amostras para cada classe de uso e cobertura da terra. Em seguida analisaram-se as amostras, que permitiu verificar a validade das amostras coletadas.

Para a classificação foi utilizado o classificador *Bhattacharya* com limiar de aceitação de 99,9% para o mapeamento do uso e ocupação da terra. O Classificador *Bhattacharya* trabalha com a distância denominada distância de *Bhattacharya*, que é utilizada para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais, ou seja, mede a distância média entre as distribuições de probabilidades dessas classes.

Para a classificação, a coleta de amostras de assinaturas espectrais foi baseada no reconhecimento dos padrões de comportamento espectrais das diferentes classes na imagem, como cor, textura e rugosidade de cada alvo de acordo com a composição colorida utilizada. A partir do reconhecimento de amostras verificadas em campo foram criadas as assinaturas associadas ao uso e cobertura da terra.

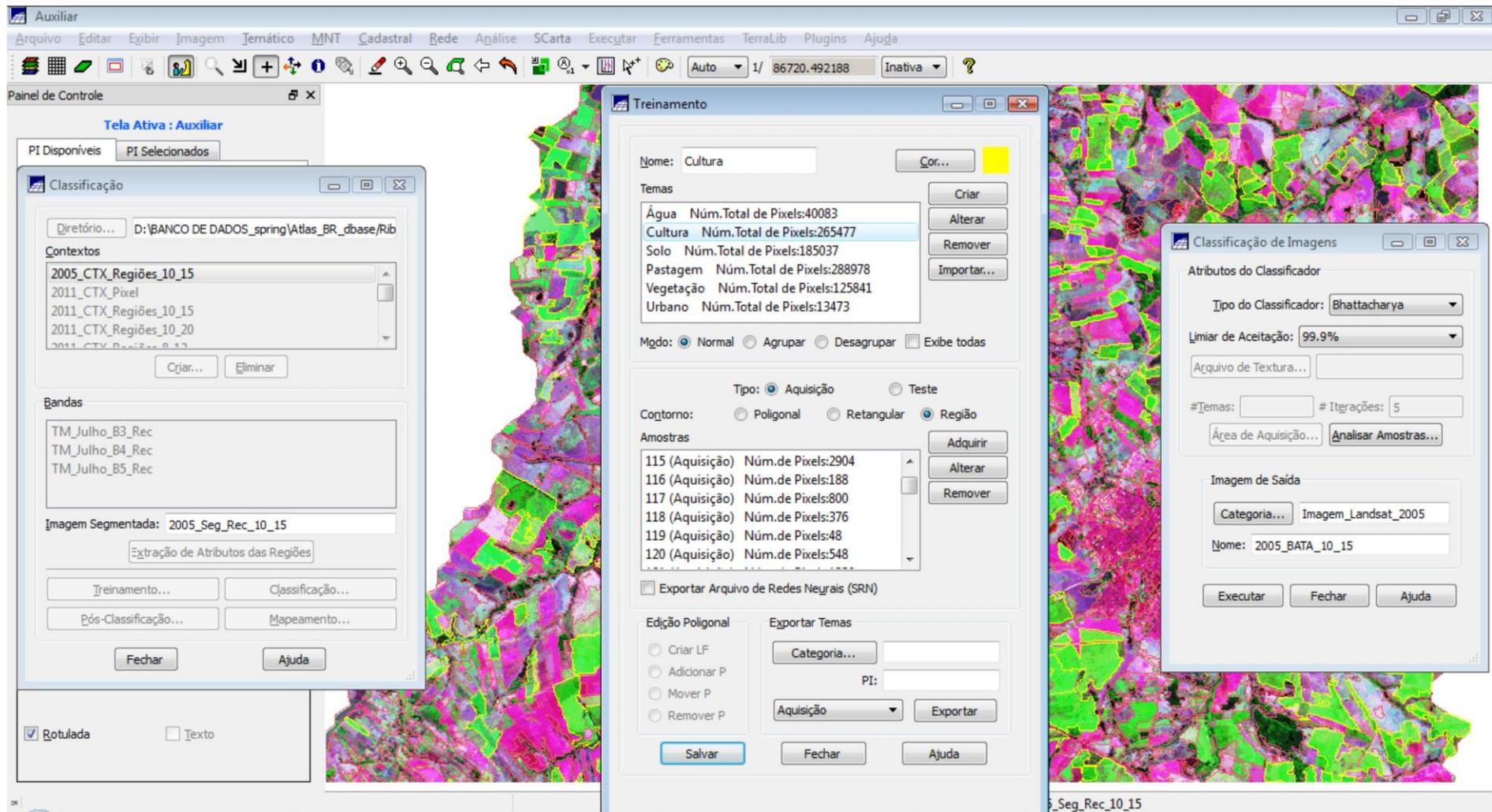


Figura 9: Criação de arquivo contexto para treinamento; treinamento de amostras para mapeamento temático; e módulo classificação no SPRING 5.2.

Fonte: Tutorial SPRING.

4.4.10 Mapeamento da Imagem

O mapeamento é a última fase da classificação, em que o analista define para o sistema o que corresponde a cada classe temática contida no mapa (Figura 10 – próxima página).

4.4.10.1 Estratégias para mapear o uso e ocupação da terra

Mapeamento significa associar às classes temáticas o significado real encontrado no campo, ou seja, as classes de uso e cobertura da terra.

No mapeamento, resultante da elaboração deste trabalho, utilizando software SPRING 5.2, na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, foram definidas 6 (seis) classes temáticas distintas referentes ao uso e cobertura da terra na região: ÁGUA, CULTURAS, PASTAGEM, ÁREAS DE VEGETAÇÃO NATURAL (florestal), ÁREA URBANIZADA e SOLO EXPOSTO. Para essa etapa seguiu-se as indicações da metodologia do Manual Técnico para o Uso da Terra produzido pelo IBGE (2006) com algumas adaptações à área de estudo.

Conforme o IBGE (2006) a nomenclatura do uso e cobertura da terra foi concebida partindo do esquema teórico da cobertura terrestre, que abrange os dois primeiros níveis hierárquicos propostos. O terceiro nível, que representa o uso propriamente dito, não se encontra representado na figura ilustrativa (Figura 11) do modelo por comportar inúmeras possibilidades.

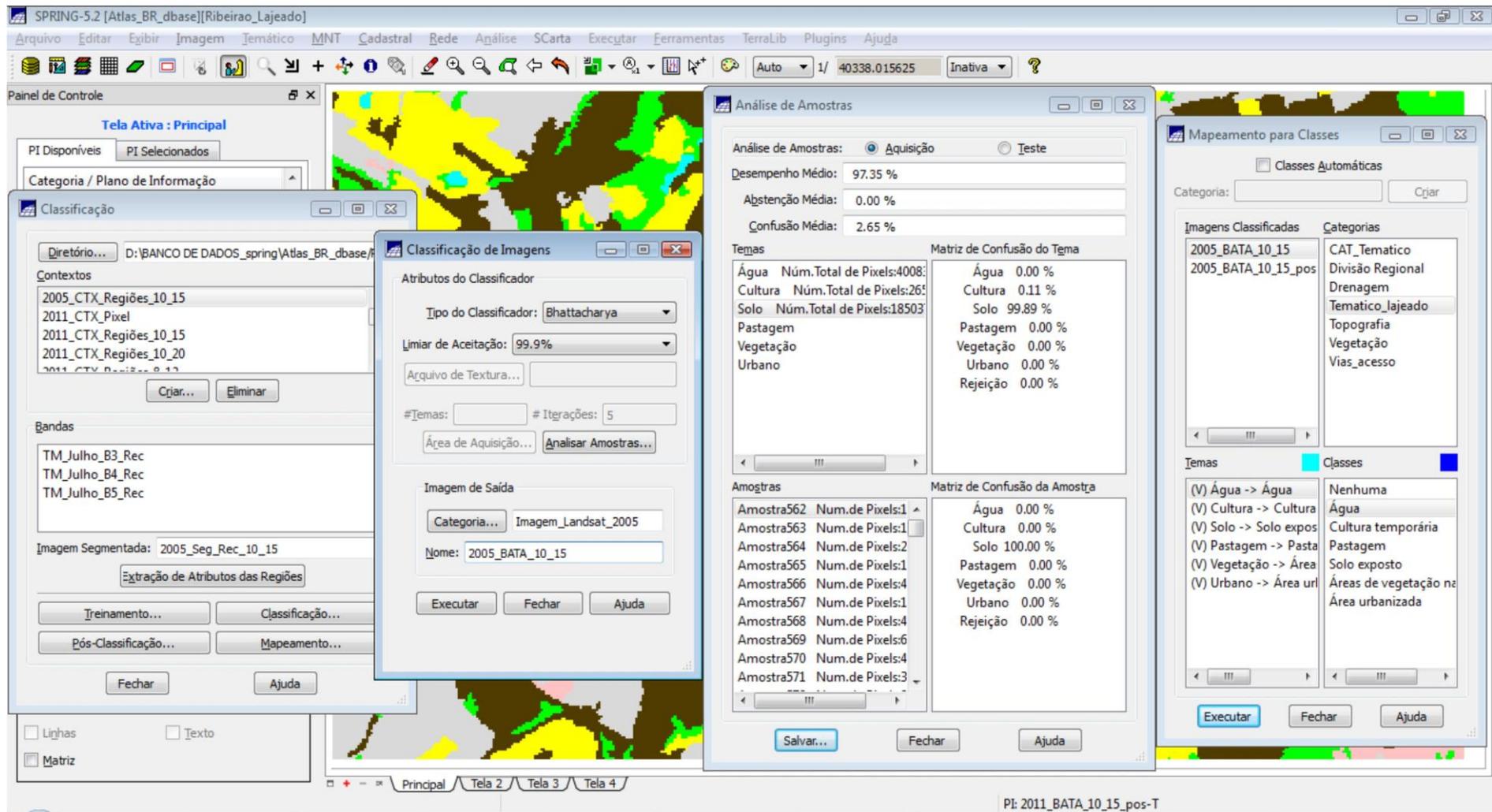


Figura 10: Módulo análise de amostras e Módulo mapeamento para classes no SPRING.

Fonte: Tutorial SPRING 5.2

A partir dessa abstração, a nomenclatura para o levantamento do uso e cobertura da terra foi organizada segundo três níveis hierárquicos, comportando desdobramentos para níveis de maior detalhe dependendo da escala de trabalho.

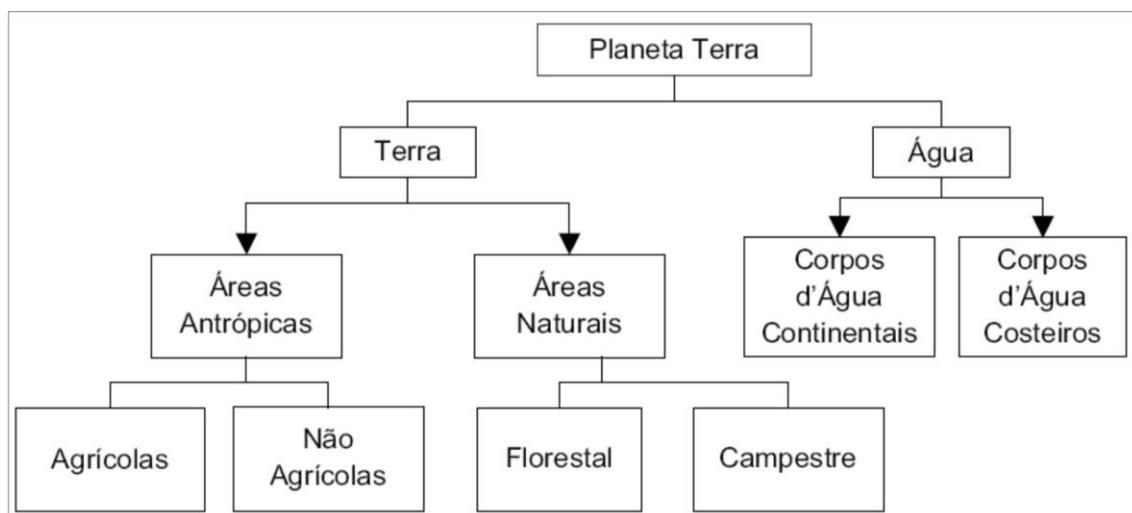


Figura 11: Esquema teórico de construção de uma nomenclatura da cobertura terrestre.

Fonte: IBGE, 2006, adaptado de Heymann (1994).

Editoração: CAZULA, 2012.

O levantamento sobre o uso e cobertura da terra comporta análises e mapeamentos e é de grande utilidade para o conhecimento atualizado das formas de uso e de ocupação do espaço, constituindo importante ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão (IBGE, 2006).

Conforme as áreas determinadas no mapeamento da pesquisa anterior foram determinadas a composição de cores dos mapas de uso e cobertura da terra, conforme a orientação do manual de uso da terra do IBGE (Figura 12).

Classes de Cobertura da Terra		
Nível I		Nível II
1. Áreas Antrópicas Não Agrícolas		Área Urbanizada
2. Áreas Antrópicas Agrícolas		Culturas
		Pastagem
3. Áreas de Vegetação Natural		Florestal
4. Água		Corpos d'água Continentais

Figura 12: Composição de cores das classes de cobertura da terra.

Fonte: IBGE, 2006.

Editoração: CAZULA, 2012.

Na escolha e definição da nomenclatura proposta, considerou-se a terminologia do trabalho realizado, analisando os fatores predominantes na ocupação da terra na área estuda. A seguir apresentaremos as definições das classes temáticas determinadas na composição de cores utilizadas:

1. Áreas antrópicas não agrícolas: A esta nomenclatura estão associados todos os tipos de uso da terra de natureza não-agrícola, tais como: áreas urbanizadas, industriais, comerciais, redes de comunicação e áreas de extração mineral. [...] **1.a. ÁREAS URBANIZADAS:** compreendem áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais não-agrícolas. Estão incluídas nesta categoria as metrópoles, cidades, vilas, áreas de rodovias, serviços e transporte, energia, comunicações e terrenos associados, áreas ocupadas por indústrias, complexos industriais e comerciais e instituições que podem em alguns casos encontrar-se isolados das áreas urbanas. As áreas urbanizadas podem ser contínuas, onde as áreas não-lineares de vegetação são excepcionais, ou descontínuas, onde as áreas vegetadas ocupam superfícies mais significativas. [...] **2. Áreas antrópicas agrícolas:** No sentido amplo, a terra agrícola pode ser definida como terra utilizada para a produção de alimentos, fibras e outras commodities do agronegócio. Inclui todas as terras cultivadas, caracterizadas pelo delineamento de áreas cultivadas ou em descanso, podendo também compreender áreas alagadas. Podem se constituir em zonas agrícolas heterogêneas ou representar extensas áreas de "plantations". Encontram-se inseridas nesta

categoria as lavouras temporárias, lavouras permanentes, pastagens plantadas e silvicultura. [...] **2.a. CULTURAS – 2.a.1. Lavoura temporária:** cultura de plantas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a produção deixa o terreno disponível para novo plantio. Dentre as culturas destacam-se a de cereais, tubérculos e hortaliças. Incluem ainda as plantas hortícolas, floríferas, medicinais, aromáticas e condimentares de pequeno porte, que muitas vezes são cultivadas em estruturas como estufas, ripados e telados. As lavouras semipermanentes como a cana-de-açúcar e a mandioca, bem como as culturas de algumas forrageiras destinadas ao corte, também estão incluídas nessa categoria. **2.a.2. Lavoura permanente:** cultura de ciclo longo que permite colheitas sucessivas, sem necessidade de novo plantio a cada ano. Nessa categoria, estão as espécies frutíferas como laranjeiras, cajueiros, coqueiros, macieiras e bananeiras, e as de espécies como cafeeiros, seringueiras e cacauzeiros, em sistemas que combinam ou não culturas agrícolas com florestas. [...] **2.b. PASTAGEM:** áreas destinadas ao pastoreio do gado, formadas mediante plantio de forragens perenes. Nessas áreas o solo está coberto por vegetação de gramíneas ou leguminosas, cuja altura pode variar de alguns decímetros a alguns metros. [...] **3. Áreas de Vegetação Natural:** Conforme o sistema de classificação adotado, a vegetação natural compreende um conjunto de estruturas florestal e campestre, abrangendo desde florestas e campos originais (primários) e alterados até formações florestais espontâneas secundárias, arbustivas, herbáceas e/ou gramíneo-lenhosas, em diversos estágios sucessionais de desenvolvimento, distribuídos por diferentes ambientes e situações geográficas. [...] **3.a. FLORESTAL:** consideram-se como florestais as formações arbóreas, incluindo-se aí as áreas de Floresta Densa (estrutura florestal com cobertura superior contínua), de Floresta Aberta (estrutura florestal com diferentes graus de descontinuidade da cobertura superior, conforme seu tipo – com cipó, bambu, palmeira ou sororoca), de Floresta Estacional (estrutura florestal com perda das folhas dos estratos superiores durante a estação desfavorável – seca e frio) além da Floresta Ombrófila Mista (estrutura florestal que compreende a área de distribuição natural da Araucária angustifolia, elemento marcante nos estratos superiores, que geralmente forma cobertura contínua). [...] **4. Água:** Incluem todas as classes de águas interior e costeira, como cursos d'água e canais (rios, riachos, canais e outros corpos d'água lineares), corpos d'água naturalmente fechados, sem movimento (lagos naturais regulados) e reservatórios artificiais (represamentos artificiais d'água construídos para irrigação, controle de enchentes, fornecimento de água e geração de energia elétrica), além das lagoas costeiras ou lagoas, estuários e baías. [...] **4.a CORPOS D'ÁGUA CONTINENTAIS:** referem-se aos corpos d'água naturais e artificiais que não são de origem marinha, tais como rios, canais, lagos e lagoas de água doce, represas, açudes, etc. (IBGE, 2006, p. 25-32).

A classe SOLO EXPOSTO, identificada na área de estudo e visualizadas nas saídas de campo, compõem o conjunto de usos da terra.

As áreas de solo exposto são caracterizadas por não apresentarem nenhum tipo de cobertura, ou seja, apresentam-se desnudas. Geralmente estas áreas, na

região da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, encontram-se sem cobertura de vegetação ou de cultivos por estarem sendo preparadas para o plantio. Desta forma, as áreas ficam com o solo exposto num período em que a terra está sendo preparada para a implantação posterior de determinada cultura cíclica. Desta forma consideram-se as áreas de solo exposto como áreas agrícolas.

**C
A
P
Í
T
U
L
O

5**

5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os mapas temáticos mostram uma região geográfica fracionada em polígonos, segundo os valores relativos a um tema, por exemplo: solos e aptidão agrícola. Os dados são inseridos no sistema por digitalização ou a partir da classificação de imagens. Nos mapas temáticos, os polígonos apresentados são resultado de funções de análise e classificação de dados e não correspondem a elementos identificáveis do mundo real.

Os mapas topográficos contêm várias informações relevantes para o planejamento dos recursos hídricos entre outras informações sobre o relevo (curvas de níveis, cotas altimétricas) e a hidrografia.

5.1 CLIMA

O clima pode ser definido como a sucessão habitual dos diversos tipos de tempos atmosféricos registrados em uma região ao longo de pelo menos dez anos, considerando-se temperatura, pressão, umidade, regime dos ventos atuação das massas de ar, relevo, correntes marítimas, vegetação e ações antrópicas.

MONTEIRO (1973) quantificou a participação dos sistemas atmosféricos na dinâmica climática das chuvas no Estado de São Paulo e classificou esse espaço conforme o índice de participação de massas de ar. As pesquisas possibilitaram a elaboração do atlas climático “A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo”. Esta análise da dinâmica atmosférica, produtora dos tipos de tempo que sucedendo no decorrer do ano produzem as chuvas no território paulista, foram feitas com o conhecimento prévio dos mecanismos da circulação regional a que está filiada. A pesquisa fornece os elementos básicos e a recapitulação da análise da circulação regional. Partindo do quadro continental a fim de que se torne clara a posição de São Paulo, em face das grandes correntes de circulação.

Para o autor, são os mecanismos da circulação atmosférica regional que vão indicar o primeiro nível de classificação climática em São Paulo. Este traçaria um limite zonal por conta da coparticipação das características do sul brasileiro (dotado de acentuada amplitude térmica, da incidência de sistemas meteorológicos contrastantes e farta pluviosidade no ano todo), do centro-oeste e sudeste, onde se define um período seco (MARTINELLI, 2011).

No segundo nível entram e jogo os fatores geomorfológicos, estabelecendo áreas com e sem período seco. Em níveis taxonômicos inferiores as subdivisões serão impostas por conta da influência da organização ecológica e da ação antrópica (MARTINELLI, 2011).

A legenda se organizou num quadro de dupla entrada com os citados três níveis de organização:

Climas zonais: climas controlados por massas equatoriais e tropicais e climas controlados por massas tropicais e polares.

Climas regionais: climas úmidos das costas expostas às massas tropicais marítimas, climas tropicais alternadamente secos e úmidos e climas úmidos da face oriental e subtropical do continente dominada por massa tropical marítima.

Feições climáticas individualizadas nos climas regionais, segundo as unidades geomorfológicas: Litoral, Planalto Atlântico, Vale do Paraíba, Mantiqueira, Depressão e Planalto Ocidental (MARTINELLI, 2011).

O território paulista é envolvido pelas principais correntes da circulação atmosférica da América do Sul. As massas tropicais - Atlântica e Continental - e Polar Atlântica são complementadas pela Equatorial Continental, oriunda da Amazônia Ocidental (MONTEIRO, 1973).

A transição entre o Brasil Meridional, permanentemente úmido, e o Brasil Central com alternância de períodos secos e úmidos bem definidos, ambos se encontram no território do Estado de São Paulo.

Com base na classificação climática de Monteiro (1973), apresentada na figura 13, com as feições climáticas individualizadas no estado de São Paulo, a qual se baseia no índice de participação das massas de ar e da articulação destas com as faixas zonais do clima, observamos que a região da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado encontra-se inserida na unidade climática VIII – Oeste. Esta unidade compreende um setor do espaço paulista individualizado pelo ritmo da circulação atmosférica que se justapõe às diversificações de relevo, sendo que sua característica climática fundamental é a existência de um período seco muito nítido onde a frequência da chuva diminui consideravelmente no sentido dos paralelos, o qual constitui-se a área de inverno mais nitidamente seco do Estado.

A nota característica na individualização climática do Oeste (VIII) é a participação mais efetiva da onda de oeste-noroeste. A participação desta corrente no aquecimento pré-frontal no inverno talvez seja a explicação do fato de que as chuvas de inverno, se bem que reduzidas a ponto de constituir um período seco, são

mais intensas que aquelas produzidas no centro-norte. Enquanto nesta os índices do período seco são de 100 a 200 mm, no oeste eles se localizam entre 200 e 300 mm (MONTEIRO, 1973).

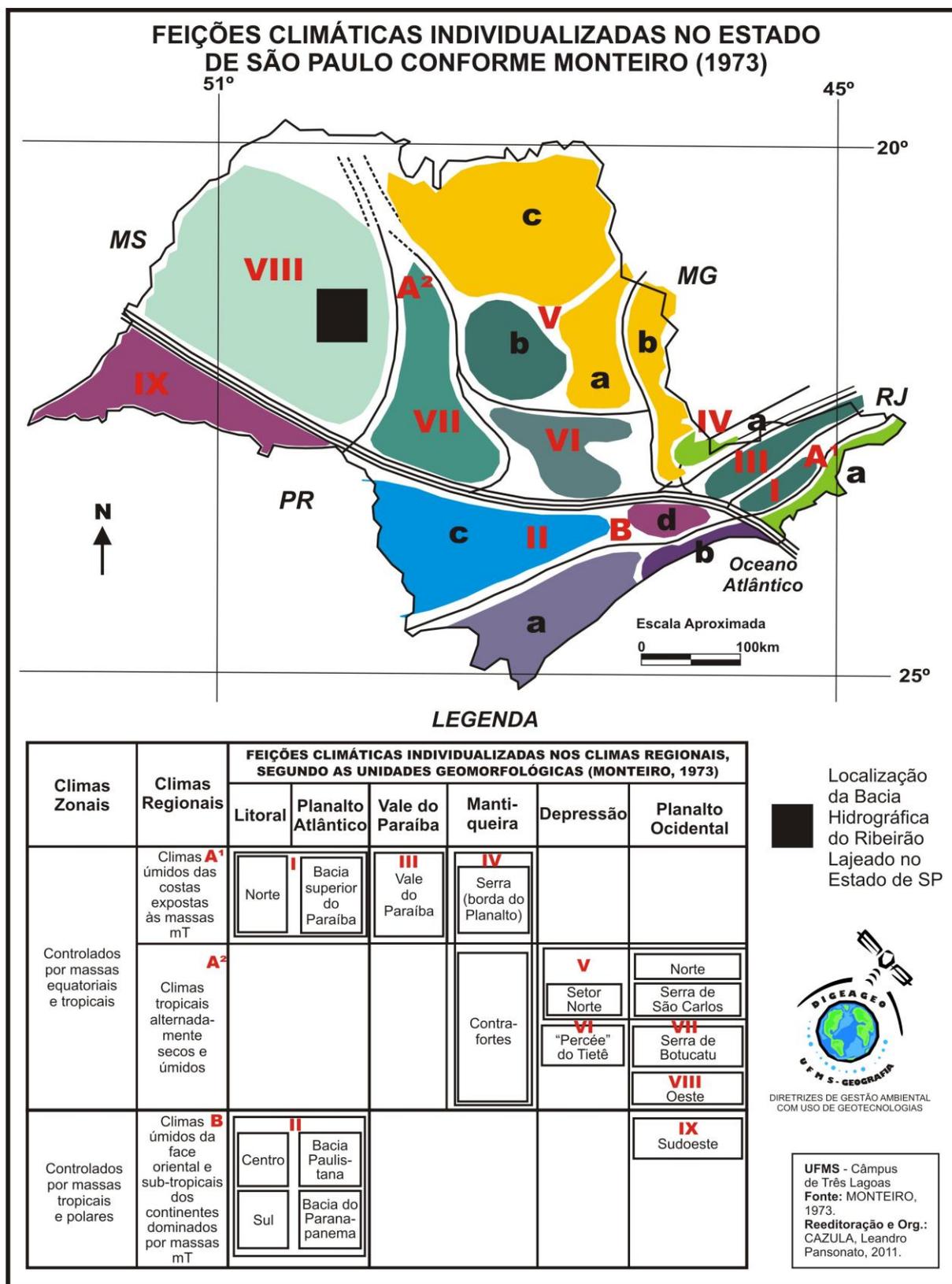


Figura 13: Mapa das feições climáticas individualizadas no estado de São Paulo.

Por outro lado as chuvas de primavera, e especialmente de verão, são bem maiores na área centro-norte (notadamente no extremo norte) do que no oeste. Percebe-se assim que o oeste e o norte oferecem um contraste do ponto de vista rítmico. As variações dentro desta vasta área devem ser encontradas sobretudo associadas aos espigões e vales (MONTEIRO, 1973).

Setzer (1966) apresenta que na região da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, segundo a classificação de Köppen (1948), são descritos dois tipos de clima, que são definidos entre duas classificações, *Cwa* e *Aw*:

Cwa – caracteriza-se por clima quente, inverno seco, temperatura média acima de 22°C no mês mais quente e abaixo de 18°C no mês mais frio, além de menos de 30 mm de chuva no mês mais seco. Conclui-se como clima subtropical temperado úmido de inverno seco (Clima Símico). Este é o clima da maior área do Estado de São Paulo, principalmente nas regiões central, leste e oeste.

Aw – é descrito como clima tropical, com inverno seco. Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C. As precipitações são superiores a 750 mm anuais, atingindo 1800 mm. Este tipo de clima predomina principalmente no norte e noroeste do Estado de São Paulo.

Segundo Penápolis (2007), no município o clima define-se como úmido com média anual de precipitação de 1035 mm, destacando-se janeiro como o mês mais chuvoso (média de 236 mm) e o mês de julho como o mês mais seco (média de 17 mm) e tropical devido à média anual da temperatura de 23°C. A estação quente ocorre entre os meses de outubro a abril e apresenta temperatura média mensal de 25°C. O mês com temperaturas mais elevadas é fevereiro com média de 31°C e o mais frio é junho com média de 14°C.

Para a obtenção de dados climáticos, pluviosidade e temperaturas, que pudessem confirmar as informações sobre o clima apontadas na região da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, por Monteiro (1973), Penápolis (2007) e Setzer (1966), objetivamos a utilização de registros da Normal Climatológica – 1961-1990, sendo que foram extraídas informações das estações meteorológicas 83672 de Araçatuba/SP – Latitude: 21°12' S, Longitude: 50°26' W, Altitude: 397 m e a estação 83674 de Lins/SP – Latitude: 21°48' S, Longitude: 49°45' W, Altitude: 426 m, que estão próximas cerca de 50 km da área de estudo, e puderam fornecer as informações necessárias para a elaboração dos climogramas (Tabela 5).

As Normais (1961-1990) foram revisadas a partir de 2000 pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), a partir da criação do SIM (Sistema de Informações Meteorológicas) devido a uma série de erros e de inconsistências registradas no âmbito da própria instituição, na qual foram criadas as condições objetivas para uma revisão sistemática destas Normais, motivados pela necessidade de aprimorar as referências utilizadas na modelagem numérica do tempo. (RAMOS, et al., 2009).

Tabela 5: Temperatura média compensada / precipitação acumulada – Normais Climatológicas (1961-1990) dos municípios de Araçatuba e Lins

Cidade	83672 - Araçatuba, São Paulo, Brasil - Latitude: 21°12S, Longitude: 50°26W, Altitude: 397 m		83674 - Lins, São Paulo, Brasil - Latitude: 21°48S, Longitude: 49°45W, Altitude: 426 m	
	Temperatura (°C)	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)	Precipitação (mm)
MÊS				
Jan	25,2	206,8	25	202,7
Fev	25,3	187,1	25	212,7
Mar	24,9	141,4	24,7	149,2
Abr	22,9	54,2	22,7	47,9
Maio	20,2	58,1	20	62,8
Jun	19,2	34,2	18,7	34,3
Jul	18,8	23,5	18,6	34,8
Ago	21,1	23,1	20,7	27,3
Set	23,2	56,2	22,3	54,8
Out	23,8	128,3	23,4	155
Nov	24,5	143	24,1	133,1
Dez	24,8	199,3	24,5	223,7
	MÉDIA/ANO: 22,8	TOTAL/ANO: 1255,2	MÉDIA/ANO: 22,5	TOTAL/ANO: 1338,3

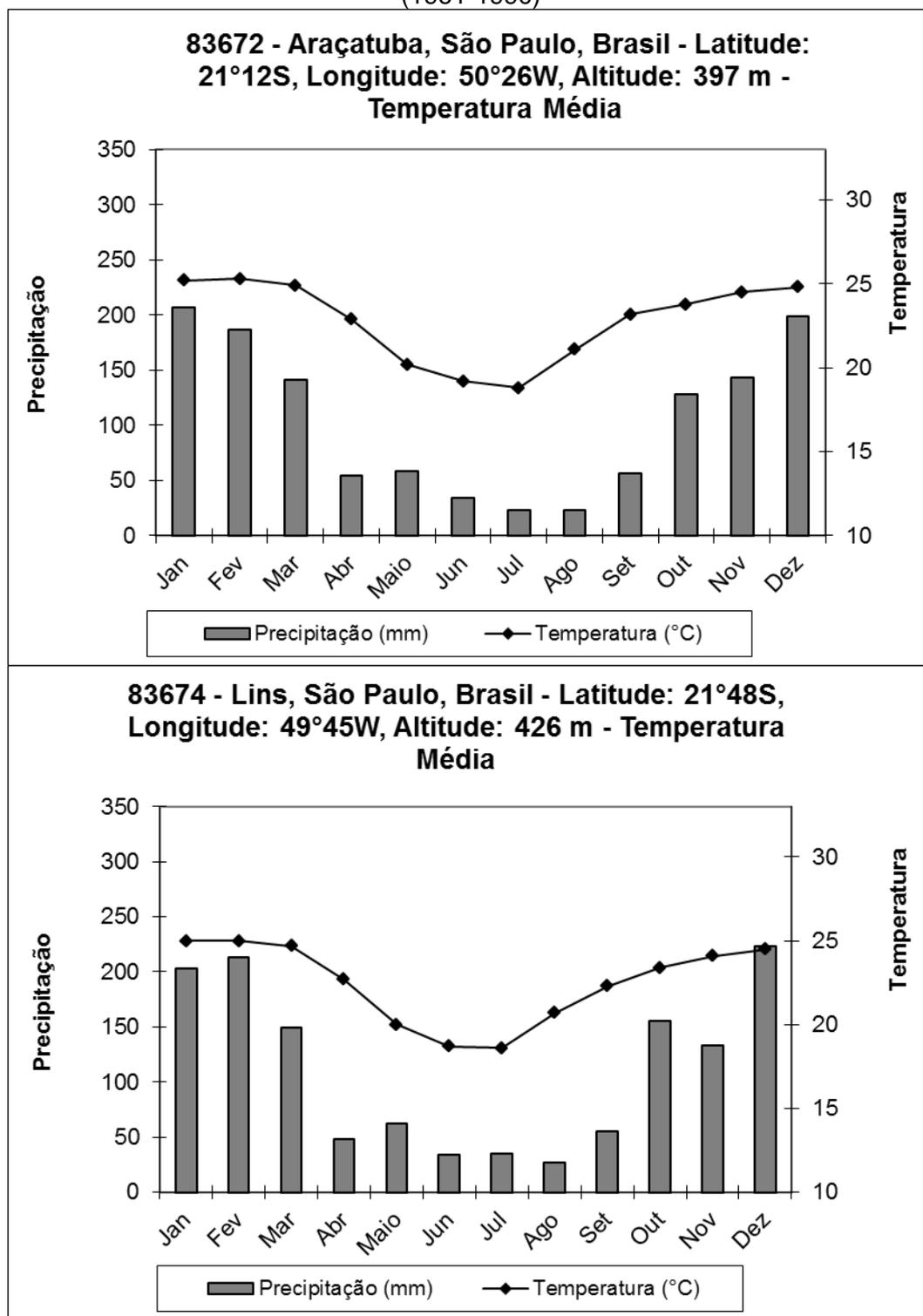
Fonte: RAMOS, et al., 2009

Org.: CAZULA, 2012.

Como podemos observar a tabulação dos dados das estações meteorológicas podem propiciar a elaboração de climogramas, que é uma forma de representação do clima, o que permite de uma maneira simples a comparação entre duas ou mais regiões no tocante as variações climáticas existentes. O climograma é útil para se evidenciar a possibilidade de desenvolvimento, adaptação, instalação e expansão de uma espécie nos locais em estudo. (Gráfico 4 e 5).

Para sua construção foram colocados nos eixos X as médias mensais da variáveis consideradas, temperatura e precipitação, e no eixo Y os 12 pontos referentes a cada mês, formando um polígono próprio de cada lugar.

Graficos 4 e 5: Climograma dos municípios de Araçatuba e Lins – Normais Climatológicas (1961-1990)



Fonte: RAMOS, et al., 2009
 Editoração e Org.: CAZULA, 2012.

Com análise de parâmetros dos gráficos das Normais Climatológicas (precipitação e temperatura) no período de 1961 a 1990, das estações meteorológicas de Araçatuba e Lins, localizadas próximas à área da bacia

hidrográfica do Ribeirão Lajeado, podemos concluir que o clima na região possui uma variação de temperatura e precipitação nítidas anualmente, oscilando entre períodos secos e chuvosos, frios e quentes, com precipitação média anual de aproximadamente 1300mm, e temperatura média anual de 23°C. A partir das informações anteriores descritas afirma-se que o clima da região é tropical, por possuir invernos secos e, com precipitações abaixo de 50 mm e com temperaturas médias que variam entre de 21°C e 18°C. Os verões são chuvosos com precipitações acima de 180mm, e temperaturas médias aproximadas de 25°C.

5.2 GEOLOGIA

No estudo de Geologia, referente a bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, foi consultado o Mapa Geológico do Estado de São Paulo do IPT de 1981 na escala 1:500.000, que descreve a área composta por rochas sedimentares e depósitos vulcânicos da bacia hidrográfica do Paraná (formação Serra Geral) além dos depósitos Cenozóicos (Figura 14). As rochas sedimentares pertencem ao Grupo Bauru e recobrem a formação Serra Geral, onde geralmente se observa uma discordância angular muito disfarçada.

As características geológicas da região da área de estudo, na calha do rio Tietê, são de Depósitos Cenozóicos, que compreendem essencialmente os depósitos aluvionares (Qa), com distribuição governada pelos grandes cursos d'água e, os materiais de cobertura "in situ" (solos residuais), resultantes da desintegração das rochas encontradas na região. Os sedimentos aluvionares (Qa) em relação à escavação são enquadrados como materiais de primeira categoria e são compostos por: aluviões em geral, incluindo areias inconsolidadas de granulação variável, argilas e cascalheiras fluviais subordinadamente, em depósitos de calha e/ou terraços.

O pacote de sedimentos do Grupo Bauru, na área da bacia hidrográfica do Paraná, no âmbito da região da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado é representado pela formação geológica Adamantina (Ka), disposta sobre os basaltos da formação Serra Geral. As rochas deste grupo foram originadas em um ambiente de sedimentação reconhecidamente continental flúvio-lacustre, o que lhe confere grande descontinuidade nas suas duas unidades geológicas.

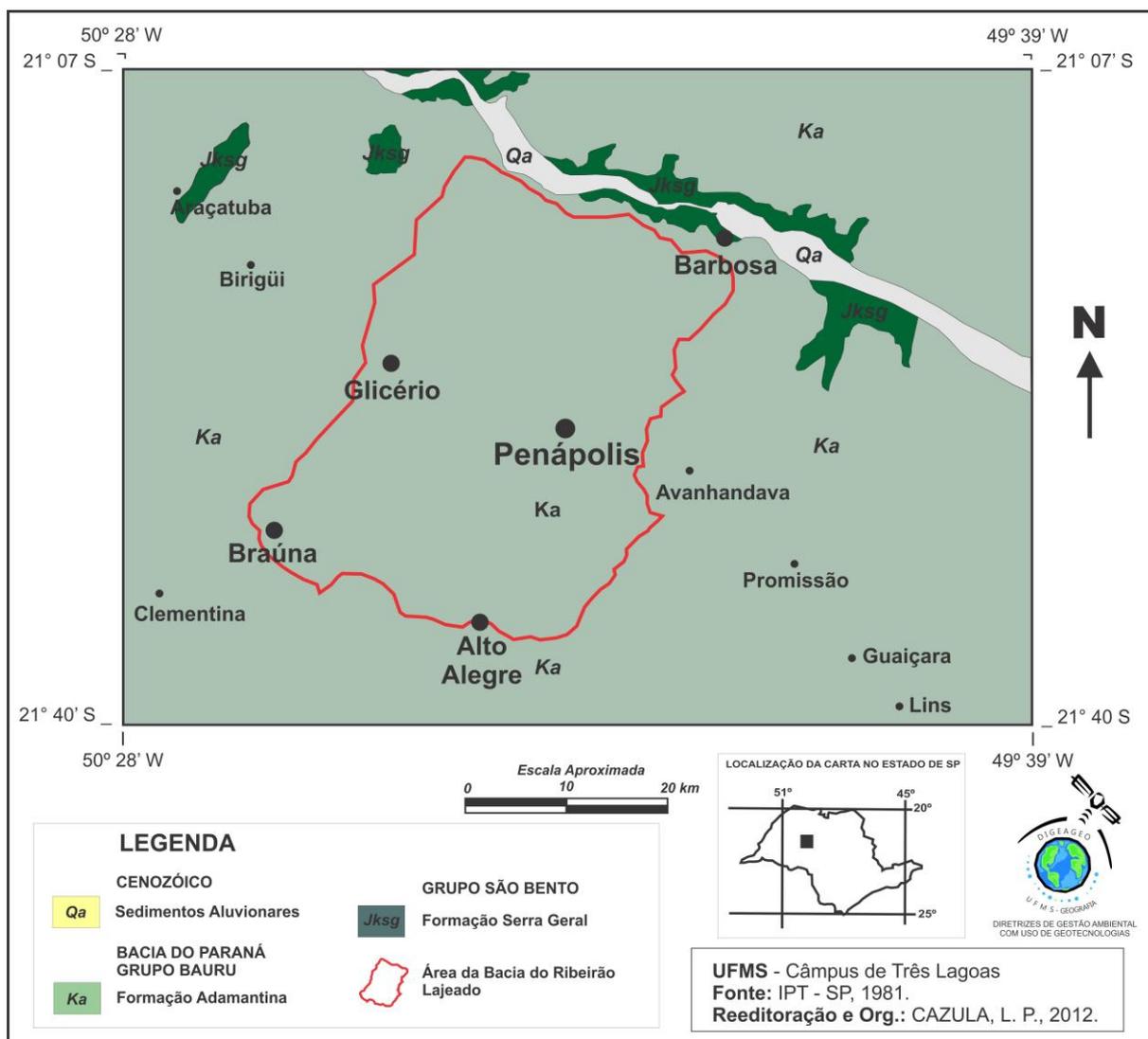


Figura 14: Mapa da geologia na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.
Editoração e Organização: CAZULA, 2012.

A principal característica da formação Adamantina (*Ka*) é a presença de bancos de arenitos de granulação fina e muito fina – contendo estratificação, com espessura entre 2m e 20m – alternados com bancos de lamitos, siltosos e arenitos. É comum a presença de nódulos carbonáticos e seixos de argilito da própria unidade. Possui ampla distribuição em toda a região sendo a formação geológica dominante em relação às demais unidades. Suas rochas são em geral pouco alteradas, destacando-se pela coloração creme e vermelho, às vezes amarronzada clara, sendo por isto de fácil distinção das demais unidades do Grupo Bauru. As maiores espessuras são encontradas nos espigões onde chegam a alcançar dezenas de metros, adelgaçando-se nas porções mais erodidas e em direção às regiões leste da bacia hidrográfica.

A formação Serra Geral (*Jksg*), do Grupo São Bento, é constituída de rochas efusivas básicas. Os derrames são formados por um conjunto de rochas basálticas

toleíticas, afaníticas dispostas em camadas sub-horizontais. Entre os derrames são encontrados arenitos eólicos (arenitos intertrapeanos). Também podem ocorrer intrusões, associadas às mesmas atividades vulcânicas, principalmente na forma de diques verticais de composição diabásica, cortando, portanto, os próprios derrames.

Os basaltos são rochas predominantemente duras e compactas, com textura de granulação muito fina, enquanto que os diabásios, muito semelhantes, são diferenciados principalmente pela granulação maior; ambas possuem coloração que varia de cinza escura a preta. Na área analisada, região da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, a formação Serra Geral aflora ao longo do vale do Rio Tietê e em seus principais afluentes, como também na região noroeste da carta.

5.3 GEOMORFOLOGIA

Para a elaboração da geomorfologia da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado foram consultados os principais tipos de relevo da região no Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo do IPT de 1981, escala 1:1.000.000, apresentado na figura 15.

A caracterização do relevo permite fornecer elementos para planejamento regional, avaliação de facilidades/dificuldades de urbanização, reconhecimento pedológico, tipo de manejo agrícola, bem como a distribuição e a intensidade dos processos erosivos atuantes nos diferentes padrões morfológicos.

O mapa contém as principais formas de relevo da região individualizadas em unidades homogêneas, definidas principalmente, em função da amplitude topográfica, declividade das encostas e densidade das linhas de drenagem.

A região da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado está inserida na Província Geomorfológica denominada de Planalto Ocidental.

5.3.1 Características gerais do relevo

A Província do Planalto Ocidental é caracterizada pela presença de formas de relevo levemente onduladas com longas encostas e baixas declividades, representadas fundamentalmente, por Colinas Amplas e Colinas Médias com topos aplanados. Os dois tipos de relevo estão sujeitos ao controle estrutural das camadas sub-horizontais dos arenitos do Grupo Bauru e das rochas efusivas básicas da formação Serra Geral. O subnívelamento do relevo mostra um caimento para oeste,

em direção à calha do Rio Paraná, formando uma extensa plataforma estrutural suavizada, com cotas topográficas que oscilam próximo a 500 m. No âmbito da região da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, os pontos mais altos chegam a alcançar 550 m e na várzea do Tietê abaixo de 400 m.

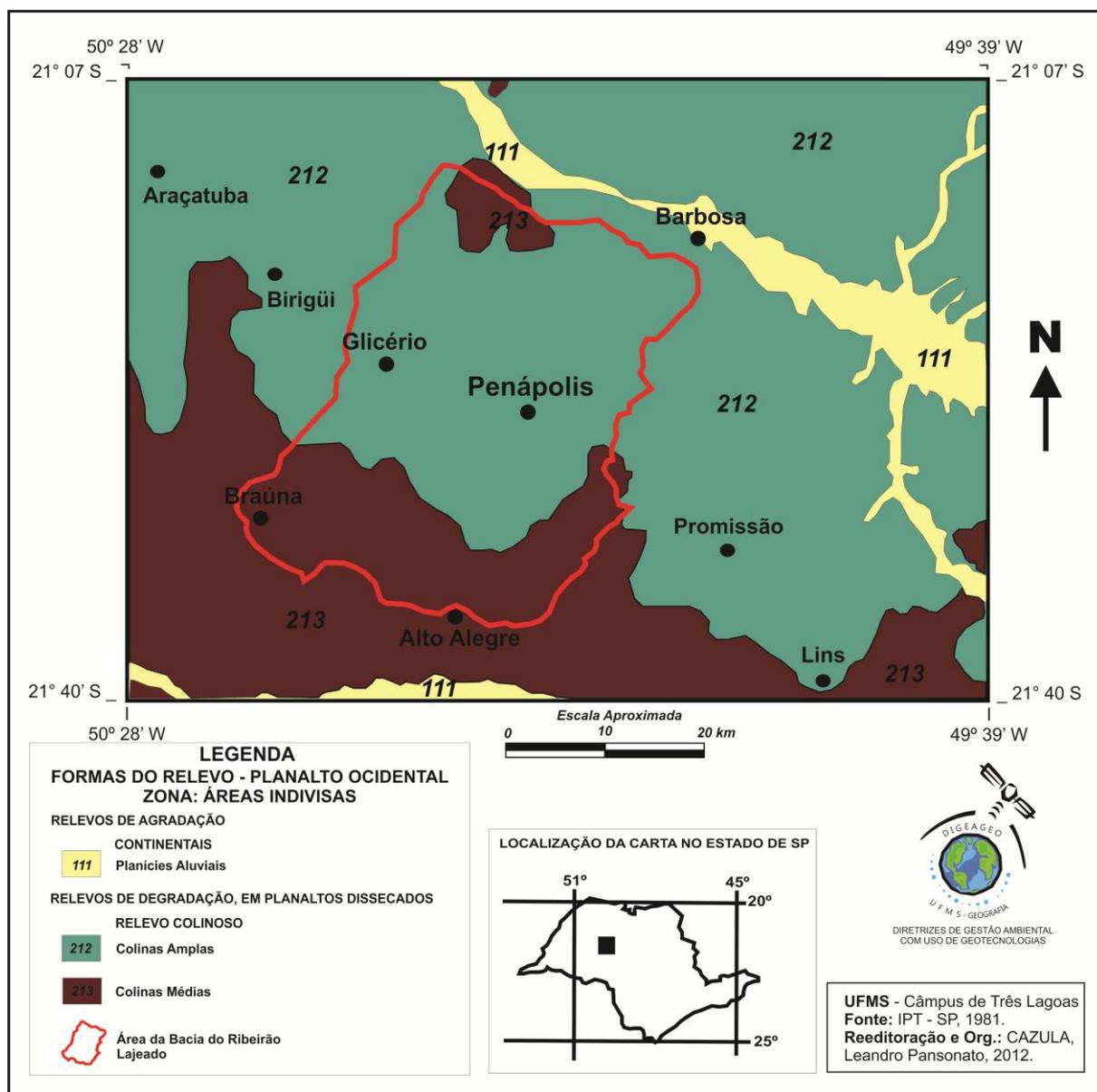


Figura 15: Mapa da geomorfologia na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.
Editoração e Organização: CAZULA, 2012.

Caracteriza-se na região a baixa intensidade de dissecação ou denudação das formas de relevo, pelo efeito dos processos erosivos e a presença de vales pouco entalhados.

As 3 (três) unidades de sistemas relevo e as suas principais características apresentadas no Mapa Geomorfológico (Figura 15) mostram que as formas de relevo, predominantes na região da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, são

representadas pelos Planaltos Dissecados compostos por Colinas Amplas (212) e Colinas Médias (213), com destaque para as Colinas Amplas. As formas de agradação constituídas por Planícies Aluviais (111) são encontradas nos vales dos principais cursos d'água.

As Colinas Amplas (212) constituem formas de relevo subniveladas de grandes dimensões (predominam interflúvios com áreas acima de 4 km²), perfil de vertente retilíneo a convexo e topos aplainados. Destacam-se ainda pela presença de drenagem com padrão subdendrítico, densidade muito baixa, vales erosivos abertos e planícies aluviais interiores estreitas.

As Colinas Médias (213) constituem formas de relevo também subniveladas, com topos aplainados e perfil de vertente retilíneo a convexo, porém, com interflúvios menores (áreas entre 1 a 4 km²) e densidade de drenagem relativamente maior (média a baixa).

As Colinas Amplas (212) são os sistemas de relevo dominantes na maior parte da área bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, principalmente na bacia do rio Tietê, enquanto que as Colinas Médias são encontradas preferencialmente na bacia do rio Aguapeí.

As Planícies Aluviais (111) são superfícies aplainadas por agradação, sendo constituídos por terrenos baixos e mais ou menos planos, junto às margens dos rios, sujeitos periodicamente a inundações. Esta forma de relevo é a mais instável das classes geológicas, pois neste tipo de relevo ocorre a acumulação de sedimentos provenientes do arraste de outras áreas pela ação da água e por si só já consiste na região de acumulação de água das inundações naturais do rio. Dessa forma, a ocupação dessas áreas traz inúmeros problemas para a população e para o poder público.

5.4 PEDOLOGIA

Com base na compilação da Carta de Solos do IBGE, escala 1:500.00, disponível na web em meio digital, foi elaborado o Mapa Pedológico da região da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado (Figura 16), associadas com a geologia da paisagem o solo e seus horizontes provem do intemperismo físico, químico e a pedogênese, ou seja, a degradação e a decomposição das rochas que formam os solos.

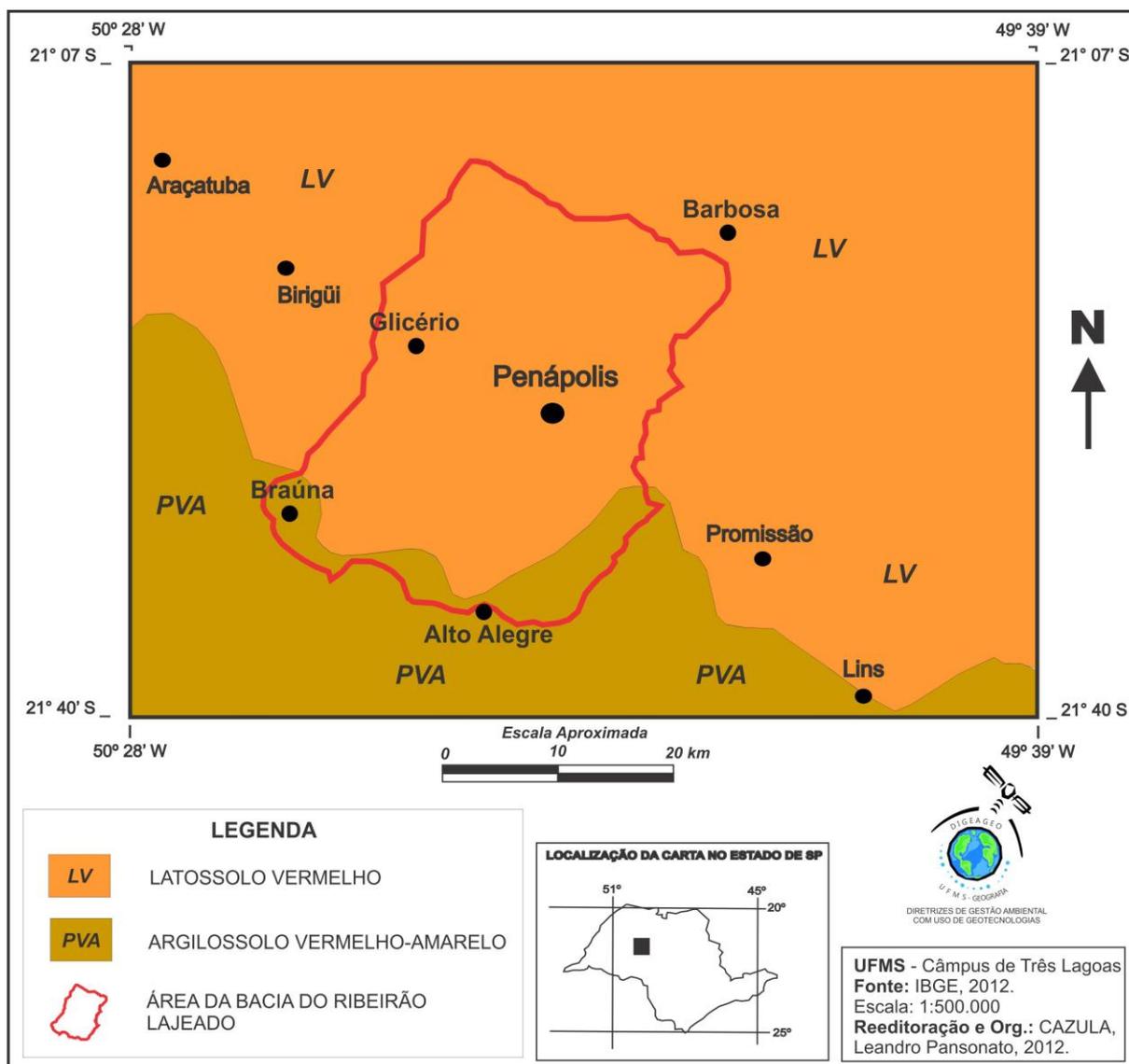


Figura 16: Mapa da pedologia na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.
Editoração e Organização: CAZULA, 2012.

Na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado encontram-se 2 (dois) tipos de solos: Latossolo vermelho e Argilossolo vermelho-amarelo, na qual os descreveremos a seguir.

5.4.1 LV – Latossolo vermelho

Latossolos Vermelhos são latossolos cuja cor é igual, ou mais vermelha, que 2,5YR na notação de Munsell. Nos Latossolos Vermelhos não-férricos (LV), o teor de óxidos de ferro extraídos pelo ataque sulfúrico é menor que 18%. Estes solos ocupam a maior parte da região estudada, com 84% da área total da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado. Os Latossolos Vermelhos não-férricos eram anteriormente classificados como Latossolos Vermelho-Escuros. A cor vermelha é

devida ao mineral hematita (um óxido de ferro). Existem LV com todo o tipo de textura desde muito argilosa à média. A forte coloração faz com que seja relativamente difícil separar os horizontes somente com base na cor. O material de origem desses solos é bem variado desde arenitos até rochas pelíticas, desde que tenham teores razoáveis de ferro.

5.4.2 PVA – Argilossolo vermelho-amarelo

Argilossolo vermelho-amarelo é composto por Podzólicos Vermelho-Amarelos, com textura arenoso-média. Este tipo de solo é susceptível à erosão, o que promove a perda da camada fértil do solo, deixando sulcos e voçorocas, provocando a queda na produção e produtividade e assoreamento dos córregos. Esses solos são predominantes na região de cabeceira da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, próximos às nascentes, e encontram-se na porção sul da bacia com 16% de ocupação da área total.

5.5 HIDROGRAFIA

A bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado abrange uma área total de 1.062,03 km² e ocupa o território de cinco municípios. A hidrografia da bacia é composta, em relação ao percurso dos cursos d'água, por aproximadamente 832,530 km de comprimento de todos os canais. As ocupações das áreas dos municípios em relação à área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado são assim quantificadas (Tabela 6).

A distribuição espacial da bacia hidrográfica na área dos municípios varia em proporção, pois perante a mesma, o município com maior inserção é Penápolis seguido de Glicério, os demais ocupam áreas menores, pois estão localizados nos divisores d'água da bacia hidrográfica, resultando pequenas áreas de seu território municipal na abrangência da área de estudo.

O canal principal do Ribeirão Lajeado percorre aproximadamente 61,845 km desde sua nascente na porção sudoeste da bacia hidrográfica até sua foz no Rio Tietê; a nascente está localizada na área do município de Alto Alegre e sua foz localiza-se na confluência entre os municípios de Penápolis e Glicério (Figura 17).

Tabela 6: Municípios pertencentes à bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado com a quantificação de sua área ocupada pela bacia e porcentagem

Municípios	Área (km²)	%
Alto Alegre	56,12	5,29
Barbosa	32,149	3,03
Braúna	50,026	4,71
Glicério	249,815	23,52
Penápolis	673,92	63,45
TOTAL	1062,03	100

Editoração: CAZULA, 2009.

Em todo o percurso do leito principal, o Ribeirão Lajeado é composto por 43 (quarenta e três) canais que o influenciam. Ao todo na área da bacia hidrográfica estudada observa-se 335 (trezentas e trinta e cinco) fontes ou nascentes, lugar onde os rios se iniciam com maior concentração destes nas regiões de maiores altitudes. Seus principais afluentes com as respectivas dimensões, aproximadas, do canal principal são apresentados a seguir na tabela 7:

Tabela 7: Principais Canais/Afluentes do Ribeirão Lajeado e seu comprimento

Nome do Canal/Afluente	Comprimento (km)
Ribeirão Bonito	47,530 km
Córrego Água Limpa	28,873 km
Córrego dos Coroados	20,264 km
Córrego Paraguai	20,321 km
Córrego Caximba	13,253 km

Editoração: CAZULA, 2009.

Com base na disposição em relação às formações das camadas geológicas, representando a sua classificação Genética, descrito por Suguio e Bigarella (apud JORGE E UEHARA, 1998), considerando o escoamento do curso da água, pode-se atribuir ao canal principal do Ribeirão Lajeado, que o mesmo obtêm duas designações:

- "SUBSEQUENTE", pois seu curso de fluxo é controlado pela estrutura rochosa, acompanhando sempre zonas de fraqueza, tais como falhas, diaclasamento, rochas menos resistentes, etc. Este fator é visível na região de nascente, onde o seu curso principal direciona-se de sul para norte, atingindo o alto e médio curso fluvial, até a confluência ou junção com o Córrego Lajeadinho. Os rios subsequentes são perpendiculares aos rios consequentes; e,

- “CONSEQUENTE”, cujo curso foi determinado pela declividade da superfície terrestre, em geral coincidindo com a direção da inclinação principal das camadas. Estes rios formam cursos de lineamento reto em direção às baixadas, compondo uma drenagem paralela. Já este fator é verificado no seu baixo curso fluvial, no qual o canal principal toma um rumo diferenciado ao anterior, após a confluência com o Córrego do Banhado, direcionando de leste para oeste, correspondendo ao mesmo percurso do Rio Tietê, que se direciona a zona de maior depressão (Rio Paraná).

Os rios afluentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado foram classificados como sendo rios “insequentes”. Os rios insequentes são aqueles que não apresentam qualquer controle geológico e estrutural visível na disposição espacial da drenagem e, por esta razão, tais rios tendem a se desenvolver sobre rochas homogêneas, representadas tanto por sedimentos horizontais, como por rochas ígneas.

A classificação da drenagem é influenciada pelas características geológicas e geomorfológicas de onde a bacia hidrográfica está englobada. Conforme as descrições de Jorge e Uehara (1998), a classificação geométrica da bacia hidrográfica se caracteriza como “dendrítica ou arborescente”, que ocorre tipicamente sobre rochas de resistência uniforme ou em rochas estratificadas horizontais. Os rios que constituem este padrão de drenagem confluem em ângulos relativamente agudos, o que permite verificar o sentido geral da drenagem, pela observação do prolongamento da confluência. Segundo Christofolletti (1980), o arranjo das drenagens dendrítica ou arborescente assemelham-se à distribuição dos galhos de uma árvore, como podemos analisar na figura 17. Ainda conforme Christofolletti (1980), os rios que constituem este padrão de drenagem confluem em ângulos relativamente agudos, o que permite identificar o sentido geral da drenagem, pela observação do prolongamento da confluência.

A área drenada recebe uma classificação denominada de hierarquia fluvial, para Horton (apud CHRISTOFOLETTI, 1980), os critérios para ordenação dos cursos de água são: os canais de 1.^a ordem são os que não possuem tributários, os de 2.^a ordem recebem apenas os tributários de 1.^a ordem, os de 3.^a ordem podem receber um ou mais tributários de 2.^a ordem, mas também podem receber os de 1.^a ordem, os de 4.^a ordem recebem tributários de 3.^a ordem e também os de ordem inferior e assim segue a sequência hierárquica dos rios.

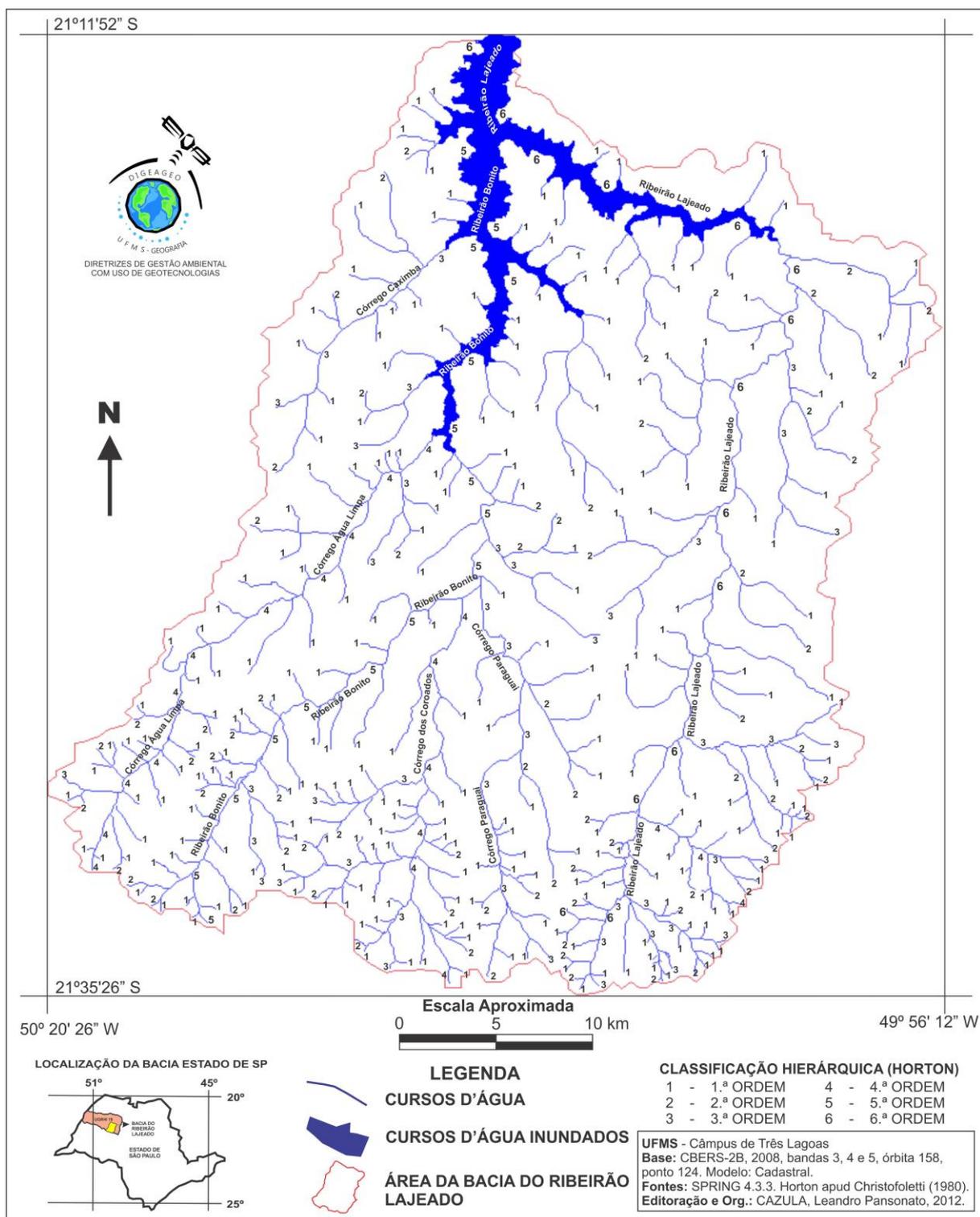


Figura 17: Mapa da rede de drenagem e classificação dos rios da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

Editoração e Organização: CAZULA, 2012.

Assim sendo o canal principal do Ribeirão Lajeado, conforme a definição de Horton (apud CHRISTOFOLETTI 1980) classifica-se como um canal de “6.ª (Sexta) Ordem”, já que recebe afluência de outros córregos, os de primeira, de segunda, de terceira, de quarta e o de quinta ordem.

A densidade de drenagem (Dd) (HORTON apud CHRISTOFOLETTI, 1980) apresenta o comprimento (km) dos canais fluviais disponível para drenar cada unidade de área (km^2) da bacia. Constitui um dos parâmetros que representa os padrões de uma bacia hidrográfica, sendo definida como o somatório de todos os comprimentos de cursos de água da bacia hidrográfica (832,530 km) divididos pela área da bacia hidrográfica (1062,03 km^2), sendo assim a área estudada possui uma densidade de 0,78 quilômetro de canais por km^2 . Este resultado indica uma boa disponibilidade hídrica em superfície. Essa variável se relaciona diretamente com os processos climáticos atuantes na área estudada, os quais influenciam o fornecimento e o transporte de material detrítico ou indicam o grau de manipulação antrópica. Em outras palavras, para um mesmo tipo de clima, a densidade de drenagem depende do comportamento hidrológico das rochas. Assim, nas rochas mais impermeáveis, 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 (HORTON, 1945).

Sob o aspecto de forma da bacia hidrográfica, a fim de eliminar a subjetividade na caracterização da forma da mesma, calcula-se o índice de circularidade (Ic), (MILLER apud CHRISTOFOLETTI, 1980) que é a relação entre o perímetro da bacia (171,484 km) e a área da bacia hidrográfica (1062,03 km^2). Resulta nesta equação que o Ic da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado é de 0,16. O valor máximo a ser obtido no Ic de Bacias Hidrográficas é 1,0, e quanto maior o valor, mais próxima da forma circular estará a bacia de drenagem. O resultado do Ic na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado possibilita inferir que a área da bacia hidrográfica distancia-se da área de um círculo e, conseqüentemente, apresenta um alto nível de escoamento e uma baixa propensão à ocorrência de cheias.

A densidade dos rios (HORTON apud CHRISTOFOLETTI, 1980) é a relação entre o número de rios ou cursos de água (335) e a área da bacia hidrográfica (1062,03 km^2). Na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado temos 0,32 canais por km^2 . Em outras palavras, expressa a magnitude da rede hidrográfica, indicando sua capacidade de gerar novos cursos d'água em função das características pedológicas, geológicas e climáticas da área. Vale ressaltar que a densidade hidrográfica e a densidade de drenagem referem-se a aspectos diferentes da textura topográfica. Sua finalidade é comparar a frequência ou a quantidade de cursos de água existentes numa determinada área, neste caso em quilômetros quadrados.

O coeficiente de manutenção (C_m) (SCHUMM apud CHRISTOFOLETTI, 1980) tem a finalidade de fornecer a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento. Considera-se como um dos valores numéricos mais importantes para a caracterização do sistema de drenagem, podendo ser calculado através do quilômetro quadrado, entre o valor da densidade de drenagem da bacia hidrográfica (0,78 km). Resulta, então, para a bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado a necessidade de um C_m de 1282,05 km/km². O valor obtido indica que, de maneira geral, essa bacia hidrográfica é rica em cursos d'água.

Várias são as características morfológicas de uma bacia hidrográfica. Na tabela 8 são apresentados os resultados obtidos na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado de modo objetivo.

Tabela 8: Características físicas da Bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado

Comprimento do Canal Principal	61,845 km
Canais Influentes	42 (quarenta e dois)
Fontes ou Nascentes	335 (trezentas e trinta e cinco)
Comprimento de todos os Canais	832,530 km
Ordem	6. ^a (sexta)
Densidade de Drenagem	0,78 quilômetro de canais por km ²
Índice de Circularidade	0,16
Densidade dos Rios	0,32 canais por km ²
Coeficiente de Manutenção	1282,05 km/km ²

Organização: CAZULA, Leandro Pansonato, 2012.

Os padrões de drenagem (Figura 17) são indicativos da permeabilidade relativa do terreno e dos controles exercidos pelas estruturas e pelos tipos de rocha, sobre a infiltração e os movimentos das águas subterrâneas. O encaixamento da drenagem está intimamente ligado a feições estruturais como fraturas, falhas e contatos geológicos, que exercem o controle sobre essas porções da bacia hidrográfica.

5.6 TOPOGRAFIA

A partir da aquisição da imagem orbital (SRTM - Shuttle Radar Topography Mission) SF-22-X-C, e a aplicação do software Global Mapper v8 como ferramenta no auxílio ao planejamento ambiental, exibindo elevação e vetores, foram traçados

(automaticamente) com maior nível de precisão os limites da bacia hidrográfica, a delimitação da rede de canais e a delimitação das sub-bacias mais representativas. Com a elaboração do mapa foi realizado um cruzamento confrontando com os dados/informações das cartas topográficas do IBGE correspondente a área, demonstrando uma excelente precisão e confiabilidade dos produtos gerados, portanto, indicado como um instrumental de apoio a inúmeras pesquisas fisicoterritoriais, estudos hidrodinâmicos e gestão em bacias hidrográficas. Esse procedimento possibilitou uma visão sistêmica do relevo da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado e, principalmente, a declividade dos seus terrenos. Este fator exerce grande influência sobre a velocidade do escoamento superficial, afetando o tempo que a água da chuva levará para atingir os leitos dos rios. O conhecimento da declividade permitiu a observação e constatação da variação altimétrica do relevo, fator importante na análise de processos relativos à dinâmica de uso e ocupação da terra.

As análises morfométricas são consideradas essenciais quando se faz um estudo de uma determinada bacia hidrográfica. As principais fontes de informação dessas análises são as cartas topográficas, consideradas indispensáveis, que somadas às novas geotecnologias como o uso do SIG e produtos orbitais disponibilizados (gratuitamente) como imagens de Radar (SRTM) imagens de satélite (em bandas), possibilitam um levantamento mais rápido e detalhado de uma determinada bacia hidrográfica.

Com o domínio destas tecnologias torna-se possível a construção de Modelo Numérico do Terreno (Figura 18), apresentação do relevo em 3D (Figura 19), modelagem hidrológica e uma diversidade de cálculos matemáticos (declividade, elevação, áreas, polígonos, comprimento, etc.) a partir dos produtos SRTM, da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

Na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado pode-se verificar que a forma do relevo da área é definida como “Colina de encosta suave” (DEMEK apud MOREIRA e PIRES NETO, 1998) com base na amplitude da bacia, pois nas imediações dessa, observam-se terraços altos e baixos com variação das elevações que vão de, aproximadamente, 350 a 510 metros de altitude, totalizando uma amplitude de 160 m.

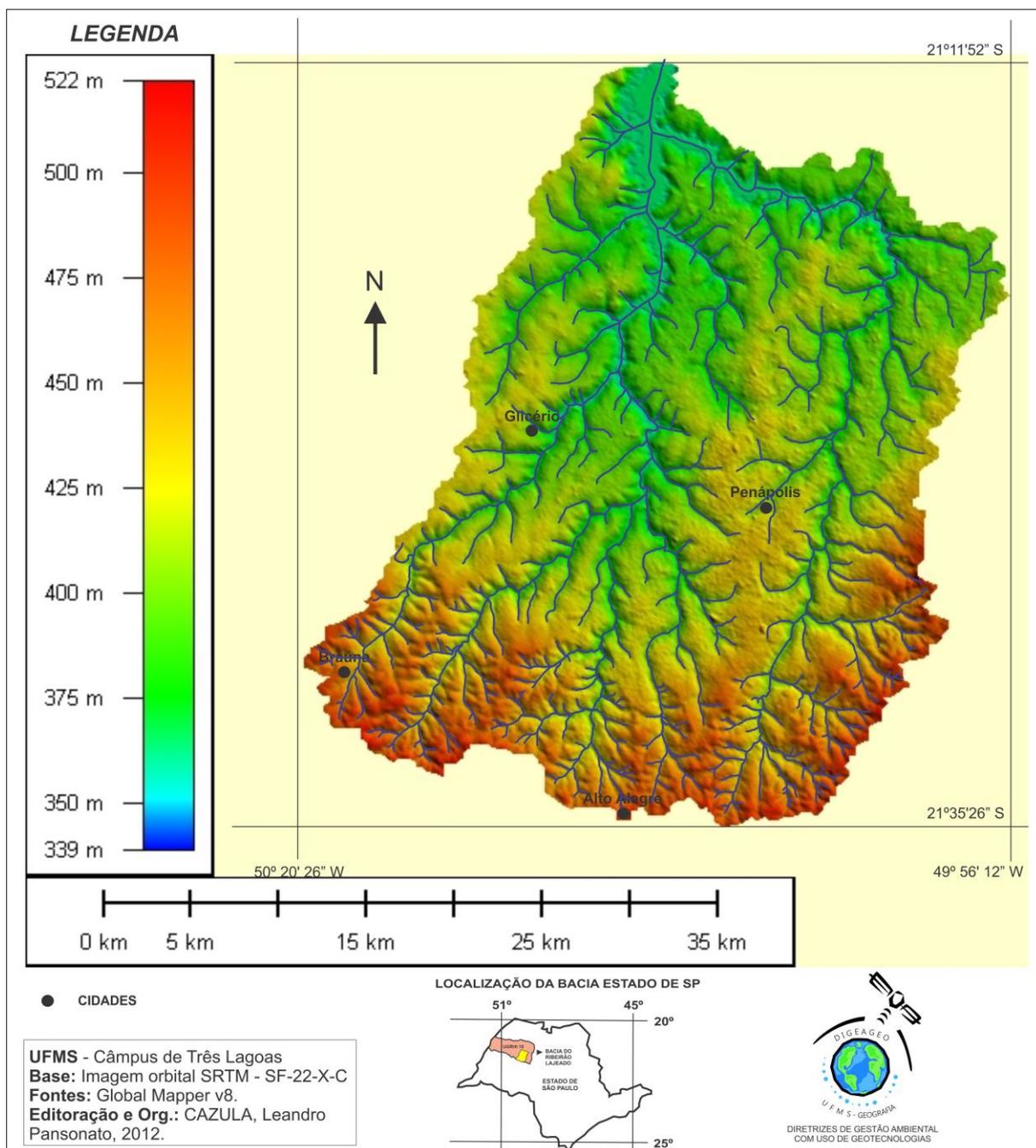


Figura 18: Mapa do modelo numérico do terreno da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.
Edição e Organização: CAZULA, 2012.

O local de maior altitude está na porção sul da área da bacia hidrográfica em região próxima à nascente do Ribeirão Lajeado, já a localização de menor cota se situa na porção noroeste da bacia, em sua foz, na margem do Rio Tietê.

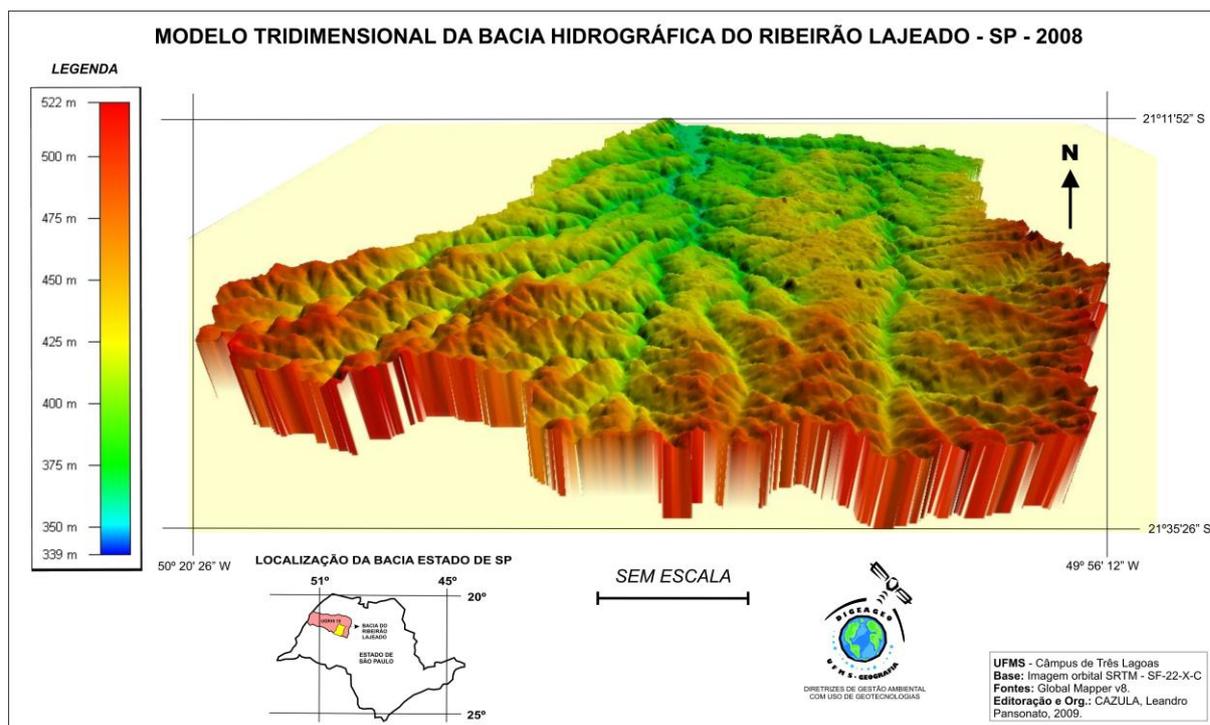


Figura 19: Mapa do modelo tridimensional da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.
Editoração e Organização: CAZULA, 2012.

O mapa do modelo numérico do terreno da bacia hidrográfica em estudo permite a compreensão da formação do relevo, notar os limites e a ocorrência das principais elevações na área estudada.

Na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado o relevo tem várias ondulações. Na análise do perfil longitudinal da bacia, com base no canal principal definiu-se como “Colina de encosta suave” de 54 km de comprimento. A região de nascentes da bacia hidrográfica está a aproximadamente 500 m de altitude, já na sua foz, que deságua no Rio Tietê, a altitude é de aproximadamente 350 m, obtendo a amplitude do perfil longitudinal aproximadamente 150 m. Conforme a definição de Demeck (apud MOREIRA e PIRES NETO, 1998), sobre o tipo de relevo, a bacia é definida como “Colina suavemente ondulada” por estar de 150 m a 200 m de amplitude (Figura 20).

A figura 21 representa o perfil transversal traçado próximo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, que abrangeu uma distância de 30,7 km. Neste perfil a altimetria variou de aproximadamente 400 a 500 m, apresentando uma amplitude de 100 m. Este perfil tendo como classificação da forma de relevo, com base na amplitude, (DEMEK apud MOREIRA e PIRES NETO, 1998) define-se como “Colina suavemente ondulada”.

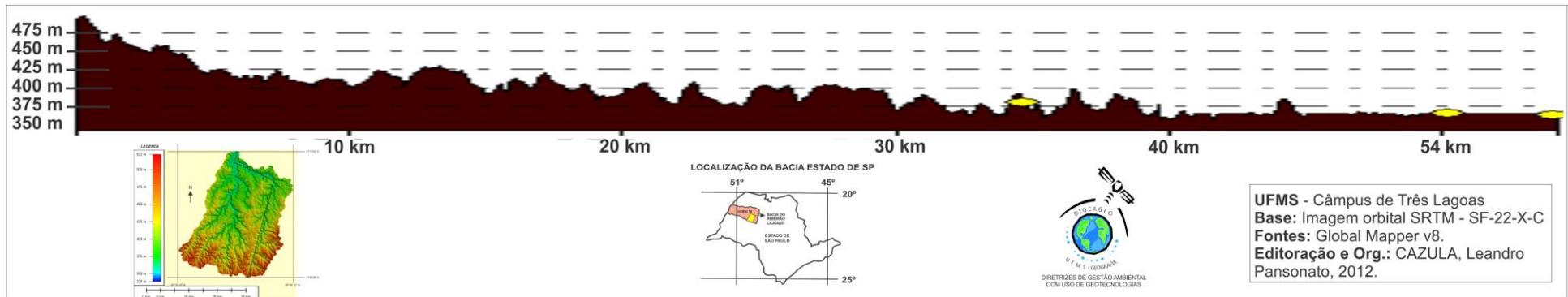


Figura 20: Perfil longitudinal da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

Editoração e Organização: CAZULA, 2012.

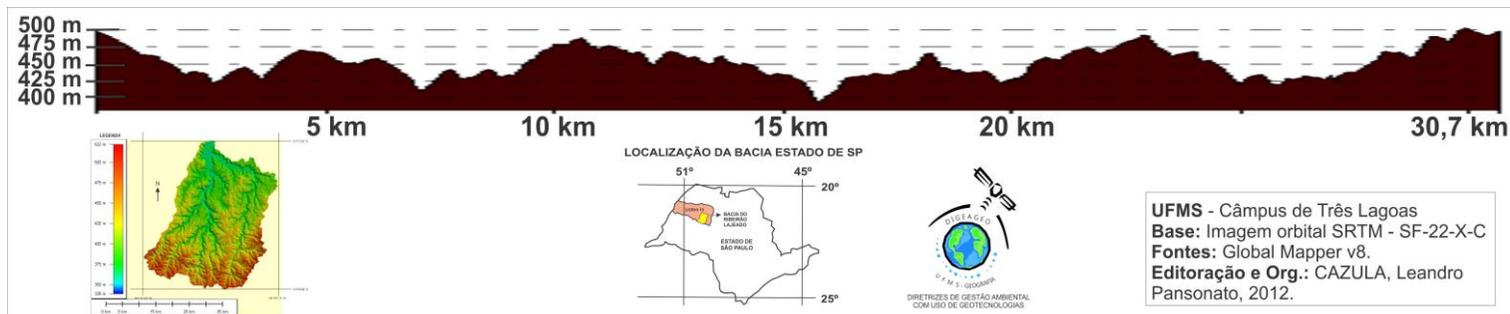


Figura 21: Perfil transversal próximo da nascente da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

Editoração e Organização: CAZULA, 2012.



Figura 22: Perfil transversal próximo da foz da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

Editoração e Organização: CAZULA, 2012.

A figura 22 representa o perfil transversal traçado próximo da foz da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado abrange uma distância de 12 km. Neste perfil a altimetria variou de aproximadamente 415 a 360 m, apresentando uma amplitude de 55 m. Neste perfil tem-se como classificação da forma de relevo, com base na amplitude, (DEMEK apud MOREIRA e PIRES NETO, 1998) como “Colina suavemente ondulada”.

A “relação do relevo” (Rr) (SCHUMM apud CHRISTOFOLETTI, 1980) considera o relacionamento existente entre a amplitude altimétrica máxima da bacia hidrográfica e a maior extensão da mesma, medida paralelamente à principal linha de drenagem, neste caso o perfil longitudinal (Figura 20). A Rr pode ser calculada pela relação entre a amplitude máxima da bacia hidrográfica (150 m) com o comprimento da bacia (54000 m). Temos que, o resultado da relação do relevo na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, é de 0,003 m de amplitude por m^2 .

Para expressar um dos aspectos de análise dimensional da topografia de uma bacia hidrográfica, calcula-se o “índice de rugosidade” (Ir) (MELTON apud CHRISTOFOLETTI, 1980). Este índice combina as qualidades de declividade e o comprimento das vertentes com a densidade de drenagem, expressando-se como número adimensional que resulta como produto entre a amplitude altimétrica da bacia hidrográfica (150 m) e a densidade de drenagem (0,78 km). Desta maneira, obtivemos o valor de 117. A partir deste valor a bacia hidrográfica pode ser classificada como de baixo risco, considerando exclusivamente o índice de rugosidade topográfica (Ir) como indicador de fragilidade do terreno, e que conforme Strahler (apud CHRISTOFOLETTI, 1980), quando resulta em valores altos é devido a ambos os valores serem elevados, isto acontece quando os perfis são bem rugosos.

Assim sendo o relevo de uma bacia hidrográfica e, principalmente a declividade dos seus terrenos, exerce grande influência sobre a velocidade do escoamento superficial, afetando, portanto, o tempo que a água da chuva leva para concentrar-se nos leitos fluviais, constituintes da rede de drenagem das bacias. (CHRISTOFOLETTI, 1974).

As formas de relevo, definidas pelo arranjo espacial de superfícies geneticamente homogêneas, correspondem à unidade taxonômica básica para a descrição do relevo, conforme é mostrado na tabela 9.

Com base nos índices morfométricos é estabelecida a classificação da forma de relevo, utilizando-se ora a declividade, ora a amplitude, ora ainda a conjugação de ambos.

Tabela 9: Análises hipsométricas da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado

Altitude na nascente	510 m
Altitude na foz	350 m
Amplitude	160 m
Comprimento longitudinal	54 km
Comprimento transversal próximo a nascente	30,7 km
Comprimento transversal próximo a foz	12 km
Tipo de relevo	Colina suavemente ondulada
Forma de relevo	Colina de encosta suave
Relação do relevo	0,003 m de amplitude por m ²
Índice de rugosidade	117

Editoração e Organização: CAZULA, Leandro Pansonato. 2012.

A análise da bacia hidrográfica promoveu maior entendimento dos elementos físicos, em especial ligados à hidrografia como também, desenvolveu um produto de importância substancial para as diversas categorias de planejamento, gestão do meio ambiente, em particular, nos estudos em geomorfologia fluvial.

**C
A
P
Í
T
U
L
O
6**

6 ANÁLISE GERAL DA AGRICULTURA A PARTIR DE DADOS ESTATÍSTICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO LAJEADO/SP

Denota-se sob a importância de conhecer o uso e ocupação da terra, na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, pois consiste no fato de fornecer subsídios aos planejadores, para que se possa estabelecer recomendações em tais tipos de usos, determinando a utilização consciente da área agricultável.

Procedimentos eficazes, que determinam a realidade do uso e ocupação da terra, garantem a ordenação do espaço físico e a previsão dos elementos relativos às necessidades humanas, de modo a garantir um meio ambiente que proporcione qualidade de vida a seus habitantes.

Perante o planejamento ambiental, a utilização da terra e o escoamento superficial, na área de bacias hidrográficas, temos que:

Entretanto, o uso da terra em uma bacia está normalmente representado por duas ou mais culturas vegetais. Essa condição interfere no escoamento superficial, sendo mais ou menos intenso de acordo com tipo de cobertura vegetal e intensidade e duração da chuva. Quanto mais intensa for a chuva e menor sua duração, maior é o poder erosivo em uma área, principalmente quando ela estiver sem proteção. (PISSARRA e POLITANO, 2004. p. 38-39).

Atualmente as diferentes formas de ocupação da terra, sejam para edificações urbanas, atividades agropecuárias, organização da paisagem entre outras, determinam o grau de proteção da área, contra ações erosivas, poluição difusa etc., que podem afetar negativamente os cursos de água, principalmente as nascentes, contribuindo assim para o assoreamento e em alguns casos ao desaparecimento de diversos cursos de água.

A fragmentação das florestas tem ocasionado uma perda considerável da diversidade biológica. Na região noroeste do Estado de São Paulo, existe menos de 2% da vegetação nativa preservada. A vegetação remanescente apresenta forte alteração promovida pelo corte seletivo e por queimadas ocasionais.

A degradação ambiental, originária do modelo de civilização, que a humanidade adotou, constitui-se em um dos mais graves problemas atuais e o setor agropecuário é considerado um dos principais fatores dessa degradação.

As características dos solos e do clima condicionaram, no passado, a vegetação natural que originalmente recobria toda a área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, constituída por florestas, cerrados e campos cerrados. A cafeicultura, a ferrovia, numerosas olarias e as atuais atividades agrícolas, como o cultivo de cana-de-açúcar e a pecuária, teriam sido responsáveis pela diminuição

das áreas de matas nativas, da qual existe hoje uma quantidade reduzida da vegetação original.

Os cenários de ambientes construídos ou transformados pela ação do homem ocupam a maior parte dos sistemas ambientais. O homem transforma os espaços através de derrubadas de matas, da implantação de pastagens e cultivos, da construção de estradas, aeroportos, represas, da retificação e canalização de curso d'água, da implantação de indústrias e áreas urbanas (FLORENZANO, 2002).

A junção de dados estatísticos dos municípios pertencentes a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Lajeado e as imagens de satélite da área em vários períodos nos permitem, através de uma análise multitemporal, acompanhar as transformações do ambiente ao longo do tempo, e nos proporciona uma visão atual do uso e ocupação da terra e, desta forma, possibilita o planejamento do ambiente estudado.

Vale ressaltar que os resultados das pesquisas, que serão demonstrados a seguir, são referentes ao território dos municípios, e que parte deles estão pouco inseridos na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

6.1 ATIVIDADES AGRÍCOLAS – CENSO AGROPECUÁRIO – 2006

Apresentaremos a seguir o resultado da pesquisa efetuada junto ao IBGE, no ano de 2006 sobre a agricultura presente na bacia hidrográfica (CAZULA, 2009), bem como as quantidades de propriedades rurais e outras atividades usos agrícolas. O Censo Agropecuário (IBGE, 2006) ocorreu de 16 de abril a 21 de agosto de 2007 e teve como período de referência para as informações de produção e valores o intervalo de 01 de Janeiro até 31 de Dezembro de 2006. Os dados sobre propriedade, área, pessoal ocupado, referem-se ao ano de 2006, bem como os dados efetivos da pecuária e de lavouras e da silvicultura. Através do Censo Agropecuário ficou definido a quantidade de estabelecimentos agropecuários (Tabela 10) na área dos cinco municípios presentes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, a área ocupada por essas propriedades em km² e a porcentagem de ocupação das áreas destinadas com a agricultura nos respectivos municípios.

Considerou-se como estabelecimento agropecuário todo terreno de área contínua, independente do tamanho ou situação (urbana ou rural), formado de uma ou mais parcelas, subordinado a um único produtor, onde se processasse uma

exploração agropecuária, ou seja: o cultivo do solo com culturas permanentes e temporárias, inclusive hortaliças e flores; a criação, recriação ou engorda de animais de grande e médio porte; a criação de pequenos animais; a silvicultura ou o reflorestamento; e a extração de produtos vegetais (CAZULA, 2009).

Tabela 10: Número de estabelecimentos agropecuários, área ocupada e percentual

Municípios	Estabelecimentos	Área – km²	Área - %
Alto Alegre	666	230,29	24,64
Barbosa	108	88,71	9,49
Braúna	305	110,65	11,84
Glicério	241	144,32	15,44
Penápolis	696	360,7	38,59
TOTAL	2016	934,67	100

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2006.

Editoração: CAZULA, 2012.

Considerou a totalidade das terras que formavam o estabelecimento, analisada a situação existente na data do Censo. O estabelecimento cuja área se estendesse a mais de um município foi incluído por inteiro no município em que se achava localizada a respectiva sede ou, na falta desta, naquele em que se situasse a maior parte de sua área. Os dados referentes à área são apresentados em km².

Segundo o IBGE (2006) as propriedades com culturas temporárias (Tabela 11) abrange grande parte das áreas dos municípios, sendo o principal cultivo e modo de agricultura que impulsiona a economia agrícola na região (CAZULA, 2009).

Nas tabelas posteriores apresentamos a relação área de ocupação, em percentual, das principais atividades agropecuárias (cultura temporária, cultura permanente e pastagem), apresentadas nesta pesquisa, com o total apresentado na tabela anterior, para denotarmos a amplitude territorial de cada variação agrícola.

Tabela 11: Quantidade de estabelecimentos com culturas temporárias, área ocupada e percentual em relação à área total dos estabelecimentos agropecuários

Municípios	Estabelecimentos	Área - km²	Área - % relação ao total da tabela 10
Alto Alegre	313	77,98	8,34
Barbosa	44	37,03	3,96
Braúna	94	25	2,67
Glicério	78	37,63	4,03
Penápolis	454	178,92	19,14
TOTAL	983	356,56	38,14

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2006.

Editoração: CAZULA, 2012.

Entende-se por cultura (lavoura) temporária as áreas plantadas ou em preparo para o plantio de culturas de curta duração (via de regra, menor que um ano) e que necessitassem, geralmente de novo plantio após cada colheita. Incluíram também nesta categoria as áreas das plantas forrageiras destinadas ao corte. Como exemplos de lavouras temporárias podemos citar como as mais cultivadas a cana-de-açúcar, o milho, a soja, o tomate, dentre outras (CAZULA, 2009). A cultura temporária ocupa 38,14% da área utilizada pelos estabelecimentos agrícolas na área dos cinco municípios pertencentes à bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

Conforme o IBGE (2006), dentre as propriedades agrícolas ressalta-se a quantidade de estabelecimentos que possuem culturas permanentes (Tabela 12), área ocupada por esse tipo de cultivo e o percentual em relação a área total dos estabelecimentos agropecuários dos cinco municípios inseridos na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

Tabela 12: Número de estabelecimentos com culturas permanentes, área ocupada e percentual em relação à área total dos estabelecimentos agropecuários

Municípios	Estabelecimentos	Área – km²	Área - % relação ao total da tabela 10
Alto Alegre	167	13,38	1,43
Barbosa	7	0,69	0,07
Braúna	85	10,59	1,13
Glicério	69	28,89	3,09
Penápolis	90	3,03	0,32
TOTAL	418	56,58	6,04

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2006.

Editoração: CAZULA, 2012.

Entende-se por cultura (lavoura) permanente a área plantada ou em preparo para o plantio de culturas de longa duração, que após a colheita não necessitassem de novo plantio, produzindo por vários anos sucessivos. Foram incluídas nesta categoria as áreas ocupadas por viveiros de mudas de culturas permanentes. Como exemplos de lavouras permanentes podemos citar as mais cultivadas na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado como, o café, a borracha, a banana, dentre outras (CAZULA, 2009). A cultura permanente ocupa 6,4% da área utilizada pelos estabelecimentos agrícolas na área dos cinco municípios pertencentes à bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

Ainda conforme o IBGE (2006) apresentamos o número de estabelecimentos, as áreas destinadas para pastagens e o percentual de ocupação territorial deste tipo de atividade em relação área total dos estabelecimentos

agropecuários. (Tabela 13) e sua área registrada. Constituídas pelas áreas destinadas ao pastoreio do gado, sem terem sido formadas mediante plantio, ainda que tenham recebido algum trato.

Tabela 13: Número de estabelecimentos com áreas de pastagens, área ocupada e percentual em relação à área total dos estabelecimentos agropecuários

Municípios	Estabelecimentos	Área - km²	Área - % relação ao total da tabela 10
Alto Alegre	476	123,65	13,23
Barbosa	92	41,27	4,42
Braúna	230	71,61	7,66
Glicério	187	71,96	7,70
Penápolis	428	122,32	13,09
TOTAL	1413	430,81	46,10

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2006.

Editoração: CAZULA, 2012.

A área destinada para pastagens ocupa 46,10% da área utilizada pelos estabelecimentos agrícolas na área dos cinco municípios pertencentes à bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

Segundo a EMBRAPA (2009), o Brasil possui mais de 200 milhões de hectares ocupados por pastagens. Deste total, somente a região dos Cerrados conta com mais de 40 milhões de hectares cultivados com braquiária. Parte dessa grande área de pastagens foi formada com a retirada da vegetação nativa, que aí se encontrava a centenas de anos.

A pecuária (Tabelas 14 e 15) também está presente na área dos municípios que se inserem na bacia hidrográfica, conforme os dados levantados no Censo do IBGE, o número total de cabeças de gado ultrapassa a população dos municípios consultados. A pecuária ocupa as pastagens nas áreas de vegetação rasteira (CAZULA, 2009).

Tabela 14: Quantidade de estabelecimentos com bovinos e número de cabeças

Municípios	Estabelecimentos	Cabeças de gado
Alto Alegre	373	46981
Barbosa	80	7820
Braúna	199	12438
Glicério	158	11233
Penápolis	368	22117
TOTAL	1178	100589

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2006.

Editoração: CAZULA, 2012.

Tabela 15: Quantidade de estabelecimentos com produção de leite de vaca e número de cabeças

Municípios	Estabelecimentos	Cabeças de gado
Alto Alegre	152	3238
Barbosa	56	1086
Braúna	56	815
Glicério	97	2941
Penápolis	142	3825
TOTAL	503	11905

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2006.

Editoração: CAZULA, 2012.

Nesta pesquisa foram descritos os bovinos de propriedade do produtor que estivessem no estabelecimento, ou em pastos comuns ou abertos localizados fora de estabelecimentos, e os de terceiros que estivessem arrendados, alugados ou cedidos ao produtor. O Brasil é um país pecuário e é o maior exportador de carne bovina do mundo, segundo maior produtor e dono de um rebanho de mais de 190 milhões de cabeças de gado, atrás apenas da Índia. Com relação à área ocupada pela atividade, cerca de 20% do território nacional e 70% das áreas destinadas à produção agropecuária estão cobertas por pastagens (CAZULA, 2009).

A partir da avaliação em percentual de ocupações das principais atividades agrícolas na área dos estabelecimentos agropecuários, conclui-se que cerca de 90% do território dessas propriedades agrícolas são ocupadas por culturas temporárias, culturas permanentes e pastagens, tendo esta última com maior índice de ocupação seguida pelas culturas temporárias, já as culturas permanentes tem ínfima ocupação. Os 10% restantes, das atividades agrícolas nas áreas das propriedades rurais, referem-se a usos variados, destinados a pequenas utilizações de área agricultável, distribuídos entre hortaliças e horticulturas, criações de animais como suínos, caprinos, galinhas etc. que estão presentes em vários estabelecimentos.

Conforme a legislação vigente, cada propriedade deve ter área com matas e/ou florestas, para garantir as áreas de preservação permanente ou matas ciliares, exigidos por lei. A mata ciliar é a formação vegetal localizada nas margens dos córregos, lagos, represas e nascentes. Também é conhecida como mata de galeria, mata de várzea, vegetação ou floresta ripária. Considerada pelo Código Florestal Federal como “área de preservação permanente”, com diversas funções ambientais, deve-se respeitar uma extensão específica de acordo com a largura do rio, lago, represa ou nascente. Já a Reserva Legal é uma porção da propriedade particular ou posse rural onde não é permitido o desmatamento (corte raso), mas é permitido o

uso com manejo sustentável, ou seja, um manejo que garanta a perenidade dos recursos ambientais e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade, sendo socialmente justo e economicamente viável. No estado de São Paulo o tamanho da Reserva Legal é estabelecido 20% da propriedade, área que deve ser conservada e, em alguns casos, recuperada. Através dos dados coletados observamos que a quantidade de estabelecimentos com matas e florestas (Tabela 16) é bem menor que a quantidade total de estabelecimentos presentes na área dos municípios. Essas áreas são formadas por matas e florestas naturais utilizadas para extração de produtos ou conservadas como reservas florestais.

Tabela 16: Número de estabelecimentos com matas e florestas e área ocupada

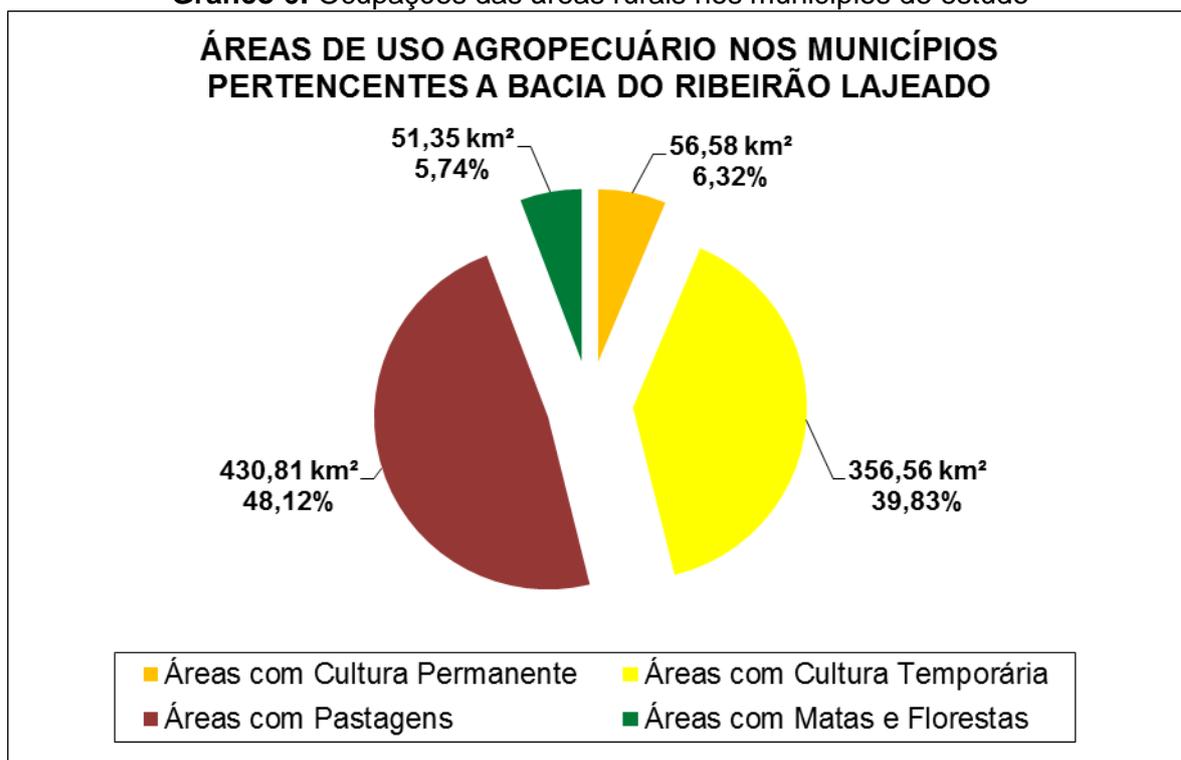
Municípios	Estabelecimentos	Área - km²	Área - % relação ao total da tabela 10
Alto Alegre	240	9,25	0,99
Barbosa	33	4,3	0,46
Braúna	31	3,08	0,33
Glicério	40	3,79	0,41
Penápolis	338	30,93	3,31
TOTAL	682	51,35	5,5

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2006.

Editoração: CAZULA, 2012.

Matas e florestas referem-se à vegetação essencial para a vida vegetal de uma região, sobre as formas de vida que cobrem a terra, as estruturas espaciais ou qualquer outra medida específica ou geográfica que possua características botânicas. É o conjunto de plantas nativas de certos locais que se encontram em qualquer área terrestre, desde que nesta localidade haja condições para o seu desenvolvimento (CAZULA, 2009).

Expomos no gráfico 6, os resultados das ocupações das áreas agropecuárias, utilizadas pelos proprietários rurais, conforme os dados coletados do último Censo Agropecuário, inserindo, neste caso, o quantitativo de áreas ocupadas com matas (IBGE, 2006).

Gráfico 6: Ocupações das áreas rurais nos municípios de estudo

Fonte: CAZULA, 2012. Com informações do IBGE, Censo Agropecuário 2006.

Conforme o gráfico apresentado, as áreas com pastagens são predominantes nos municípios que se inserem na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, conforme os dados apresentados pelo IBGE (2006). Fato este que iremos confirmar ou refutar através dos dados quantitativos que forem extraídos dos estudos adiante, através das técnicas de geoprocessamento no processamento das imagens de satélites, no período de 1985 à 2011.

O total da área destinada para agricultura e pecuária, em 2006, nos cinco municípios estudados, compreende uma área total de 934,67 km², o que leva à conclusão de que o plantio de culturas e a criação de gado são as principais atividades agrícolas. Constatou-se que, no Censo feito em 2006 pelo IBGE, os dados são afirmados pelos proprietários e que não houve comprovação dos resultados através de medições das propriedades rurais e de seus cultivos (CAZULA, 2009).

Através dos dados levantados pelo IBGE – Censo Agropecuário 2006 constatou-se que a quantidade de estabelecimentos, com áreas destinadas a pastagens, totalizam 1413 propriedades, com atividades de pecuária. Essas áreas ocupam ao todo 430,81 km² nos municípios de Alto Alegre, Barbosa, Braúna, Glicério e Penápolis, utilizando 46,1% das áreas utilizadas pela agropecuária. A quantidade de bovinos nos municípios em questão é de 100589 com mais as vacas

leiteiras que totalizam 11905, chegando ao número de 112494 cabeças de gado (CAZULA, 2009).

Grande parte do território da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado é destinado para o cultivo de cana-de-açúcar ou para a pecuária (IBGE, 2006 e 2007).

6.2 ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS – 1990-2009

Para ampliar o conhecimento da agricultura local e, desta forma, subsidiar e complementar os levantamentos qualitativos foram organizados indicadores da agricultura e pecuária, presentes na área dos cinco municípios que fazem parte da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, com base em dados coletados junto ao IBGE, no Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA, através de pesquisas resultantes da “Produção Agrícola Municipal – PAM” e da “Pesquisa Pecuária Municipal – PPM” (1990-2009).

Esses indicadores, que quantificam as informações utilizando o limite político dos municípios, serão quantificações estimadas para a análise da área de estudo, mas que associadas às imagens de satélite permitirá avaliar os processos e formas da interação “Sociedade” *versus* “Natureza” na organização da bacia hidrográfica, contribuindo para subsidiar a tomada de decisão no planejamento ambiental. Essas consultas às pesquisas do IBGE revelam que, o modelo de exploração adotado nessa localidade pode não ser sustentável do ponto de vista ambiental, nesse sentido, procurou-se analisar o modelo dominante e discutir formas alternativas de exploração agropecuária de caráter mais sustentável, que podem ser adotadas na localidade.

Descrevemos a área dos municípios, pertencentes à bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, que são destinadas às “Culturas Temporárias” (Tabela 17), no período de 1990 a 2009, segundo dados do IBGE – Produção Agrícola Municipal, conforme as informações coletadas junto ao Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA.

As culturas temporárias, impulsionada pelo cultivo da monocultura da cana-de-açúcar, ocupam um percentual relevante nas áreas dos municípios, sendo o cultivo predominante na região.

Tabela 17: Área (km²) destinada para a produção da lavoura temporária nos municípios de Penápolis, Alto Alegre, Barbosa, Braúna e Glicério - 1990-2009

Ano / Município	Penápolis	Alto Alegre	Barbosa	Braúna	Glicério	TOTAL
1990	183	25	35	31	61	335
1991	140	38	18	20	66	282
1992	166	76	20	25	83	370
1993	166	78	28	28	93	393
1994	168	77	29	22	91	387
1995	222	59	40	29	91	441
1996	187	44	11	20	50	312
1997	194	55	24	27	76	376
1998	249	58	27	27	79	440
1999	246	45	28	32	97	448
2000	240	47	25	27	82	421
2001	236	14	37	50	94	431
2002	275	78	39	49	87	528
2003	308	88	52	50	95	593
2004	308	88	51	61	107	615
2005	215	57	31	44	77	424
2006	330	92	42	48	80	592
2007	334	91	49	78	79	631
2008	389	98	46	63	105	701
2009	380	-	44	58	79	561

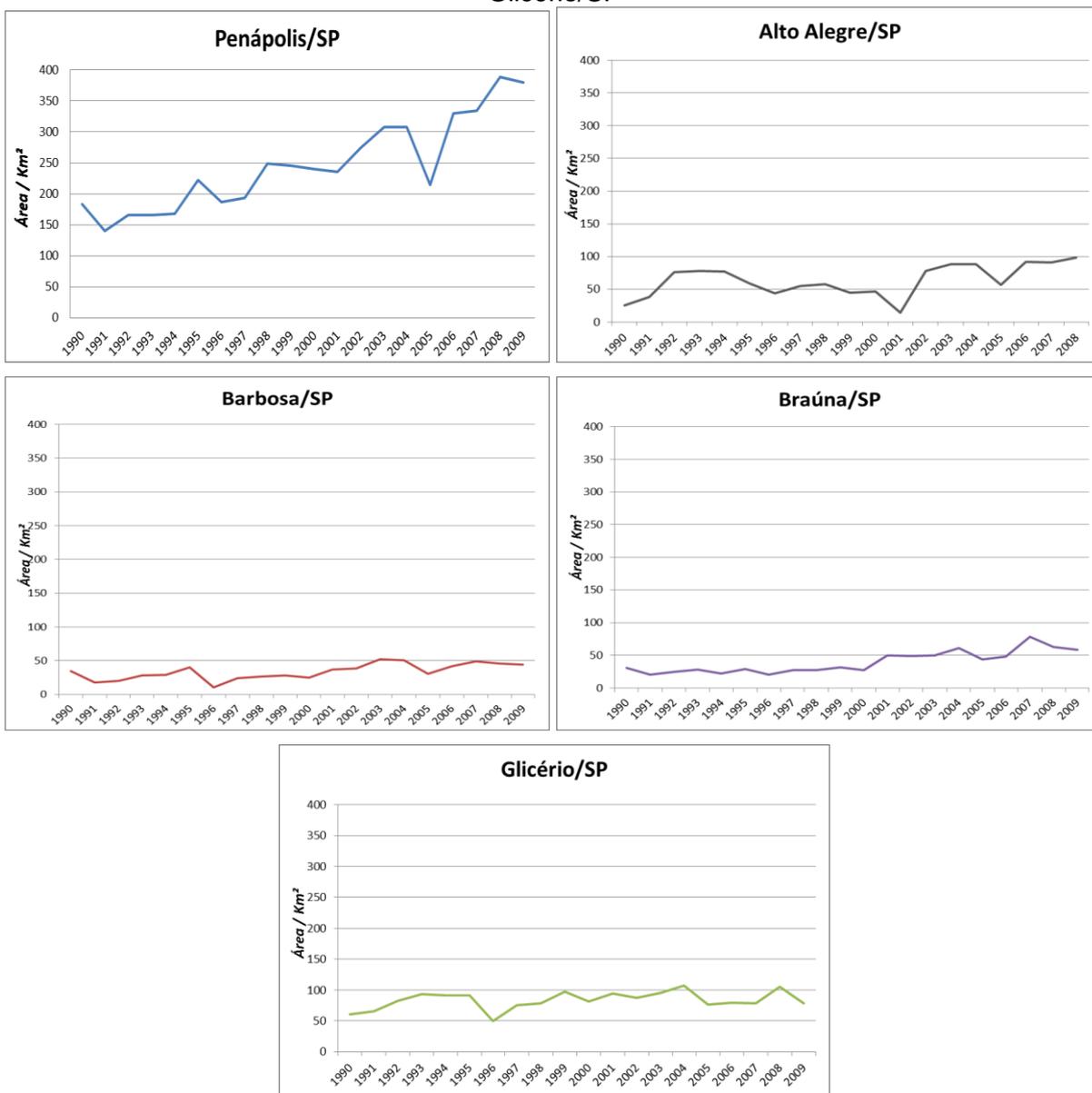
Fonte: IBGE - Banco de dados agregados, 2011.

Editoração: CAZULA, L. P. 2012.

Entende-se por “culturas temporárias” os cultivos de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a colheita necessita de novo plantio para produzir (IBGE, 2009).

A seguir exibimos estes dados, citados na tabela acima, em gráficos, que nos permite uma melhor visualização do aumento das áreas destinadas à cultura temporária nos município de Penápolis, Alto Alegre, Barbosa, Braúna e Glicério.

Gráficos 7, 8, 9, 10 e 11: Área (km²) destinada para a produção da lavoura temporária – 1990-2009 – respectivamente nos municípios de Penápolis, Alto Alegre, Barbosa, Braúna e Glicério/SP



Fonte: IBGE - Banco de dados agregados, 2011.

Edição: CAZULA, L. P. 2012.

Nos gráficos acima é apresentado um panorama destas lavouras, em análise das áreas destinadas à cultura temporária em km² de cada município. Percebe-se nitidamente o crescimento contínuo deste tipo de cultivo após o ano de 1990, com pequenas oscilações em alguns períodos.

A seguir apresentamos o gráfico 12, em colunas, para visualização destes resultados através da soma do quantitativo destas áreas nos cinco municípios estudados.

Gráfico 12: Total das áreas (km²) destinada para a produção da lavoura temporária nos municípios de Penápolis, Alto Alegre, Barbosa, Braúna e Glicério - 1990-2009



Fonte: IBGE - Banco de dados agregados, 2012.

Editoração: CAZULA, L. P. 2011.

A partir desta visualização, das áreas (km²) destinadas para a produção da lavoura temporária nos municípios de Penápolis, Alto Alegre, Barbosa, Braúna e Glicério no período de 1990 a 2009, nota-se o aumento da abrangência territorial destinada a esse tipo de cultura, na qual se insere a monocultura da cana-de-açúcar, onde evidencia que num período de dezenove anos a área ocupada dobra o seu valor nos municípios pesquisados.

Descrevemos abaixo a área dos municípios, pertencentes à bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, que são destinadas às “Culturas Permanentes” (Tabela 18), no período de 1990 a 2009, segundo dados do IBGE – Produção Agrícola Municipal, conforme as informações coletadas junto ao Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA. As culturas permanentes, não têm relevante atuação na agricultura da região e ocupa um percentual ínfimo nas áreas dos municípios pesquisados, mas nota-se que houve diminuição das áreas destinadas a esse tipo de cultivo no período analisado.

Tabela 18: Área (km²) destinada para a produção da lavoura permanente nos municípios de Penápolis, Alto Alegre, Barbosa, Braúna e Glicério - 1990-2009

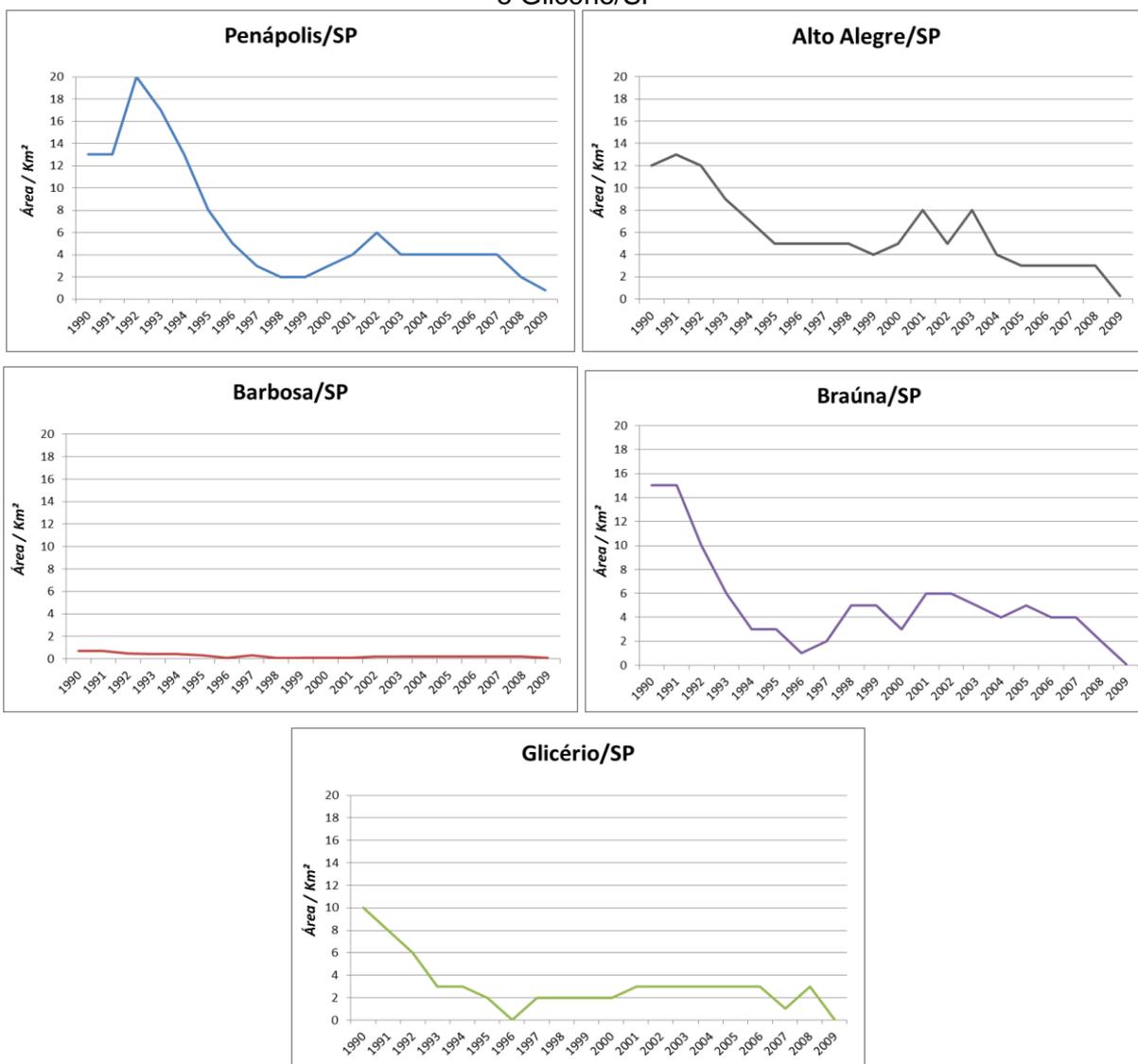
Ano / Município	Penápolis	Alto Alegre	Barbosa	Braúna	Glicério	TOTAL
1990	13	12	0,7	15	10	51
1991	13	13	0,7	15	8	50
1992	20	12	0,5	10	6	49
1993	17	9	0,4	6	3	35
1994	13	7	0,4	3	3	26
1995	8	5	0,3	3	2	18,3
1996	5	5	0,08	1	-	11,08
1997	3	5	0,3	2	2	12,3
1998	2	5	0,1	5	2	14,1
1999	2	4	0,1	5	2	13,1
2000	3	5	0,08	3	2	13,08
2001	4	8	0,1	6	3	21,1
2002	6	5	0,2	6	3	20,2
2003	4	8	0,2	5	3	20,2
2004	4	4	0,2	4	3	15,2
2005	4	3	0,2	5	3	15,2
2006	4	3	0,2	4	3	14,2
2007	4	3	0,2	4	1	12,2
2008	2	3	0,2	2	3	10,2
2009	0,8	0,3	0,08	0,1	0,04	1,32

Fonte: IBGE - Banco de dados agregados, 2011.

Editoração: CAZULA, L. P. 2011.

Entende-se por culturas permanentes os cultivos de longo ciclo vegetativo, como por exemplo o café, a borracha, a banana, dentre outras que permitem colheitas sucessivas, sem necessidade de novo plantio. (IBGE, 2009). Apresentamos estes dados, citados na tabela acima, nos gráficos a seguir, que nos permite uma melhor visualização da diminuição das áreas destinadas à cultura permanente nos municípios de Penápolis, Alto Alegre, Barbosa, Braúna e Glicério.

Gráficos 13, 14, 15, 16 e 17: Área (km²) destinada para a produção da lavoura permanente – 1990-2009 – respectivamente nos municípios de Penápolis, Alto Alegre, Barbosa, Braúna e Glicério/SP



Fonte: IBGE - Banco de dados agregados, 2011.
Editoração: CAZULA, L. P. 2012.

Nos gráficos acima apresentados têm-se um panorama destas lavouras, em análise das áreas destinadas à cultura permanente em km² de cada município. Percebe-se a nítida regressão deste tipo de cultivo após o ano de 1990, com pequenas oscilações em alguns períodos. Apresentamos no próximo gráfico, em colunas, a visualização destes resultados através da soma do quantitativo destas áreas nos cinco municípios estudados.

Gráfico 18: Total das áreas (km²) destinada para a produção da lavoura permanente nos municípios de Penápolis, Alto Alegre, Barbosa, Braúna e Glicério - 1990-2009



Fonte: IBGE - Banco de dados agregados, 2011.

Editoração: CAZULA, L. P. 2011.

Com esta visualização, das áreas (km²) destinadas para a produção da lavoura permanente nos municípios de Penápolis, Alto Alegre, Barbosa, Braúna e Glicério no período de 1990 a 2009, nota-se a diminuição de área utilizada para esse tipo de cultivo, principalmente na década de 1990 com significativa regressão nos resultados apresentados, na qual nota-se uma oscilação no início do século atual, mas que posteriormente, num período de três anos – 2001-2004, volta a diminuir as áreas utilizadas pelas lavouras permanentes.

Como forma de ocupação do território na área dos municípios que se inserem na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, a pecuária, conforme os dados levantados no último Censo Agropecuário do IBGE (2006) nota-se a relevância de sua inserção nesta região, cujo quantitativo total de cabeças de gado, atualmente, ultrapassa a população dos municípios consultados, mas no início da década de 1990 a quantidade de animais até triplicava a quantidade de moradores da região. A pecuária ocupa as pastagens nas áreas de vegetação rasteira. Como no banco de dados do SIDRA – Sistema IBGE de recuperação automática, junto à Pesquisa Pecuária Municipal, não há a disponibilidade de área ocupada pelos rebanhos bovinos, foi investigada a existência de criação de animais no estabelecimento, como forma encontrada de entendimento da dinâmica da pecuária nos municípios. A seguir apresentamos a tabela que aponta o quantitativos dos rebanhos bovinos em cada município estudado, e sua variação no período de 1990 à 2009.

Tabela 19: Efetivo dos rebanhos Bovinos nos municípios de Penápolis, Alto Alegre, Barbosa, Braúna e Glicério - 1990-2009

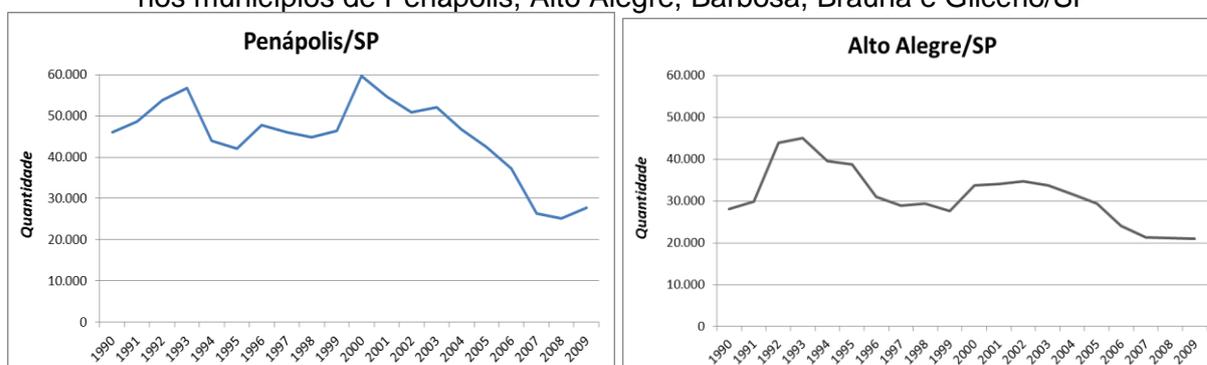
Ano / Município	Penápolis	Alto Alegre	Barbosa	Braúna	Glicério	TOTAL
1990	46.000	28.000	16.500	15.700	23.250	129.450
1991	48.600	29.810	17.010	15.500	20.800	131.720
1992	53.746	43.848	19.800	22.685	23.900	163.979
1993	56.800	45.000	17.820	24.300	26.000	169.920
1994	44.000	39.600	14.000	20.700	21.800	140.100
1995	42.000	38.700	17.000	19.500	21.000	138.200
1996	47.741	30.986	19.508	17.777	19.679	135.691
1997	46.012	28.930	17.650	16.710	18.400	127.702
1998	44.796	29.420	18.730	18.215	21.350	132.511
1999	46.420	27.550	18.950	20.035	21.380	134.335
2000	59.747	33.742	12.658	16.236	22.150	144.533
2001	54.609	33.993	11.129	17.304	21.431	138.466
2002	50.832	34.756	13.396	17.400	20.922	137.306
2003	52.040	33.800	14.215	18.780	21.255	140.090
2004	46.677	31.593	15.746	19.594	19.487	133.097
2005	42.498	29.295	16.641	17.422	18.060	123.916
2006	37.224	24.057	12.818	14.356	14.333	102.788
2007	26.426	21.350	11.329	9.376	12.935	81.416
2008	25.141	21.130	9.778	9.356	13.777	79.182
2009	27.800	21.050	9.350	8.880	13.400	80.480

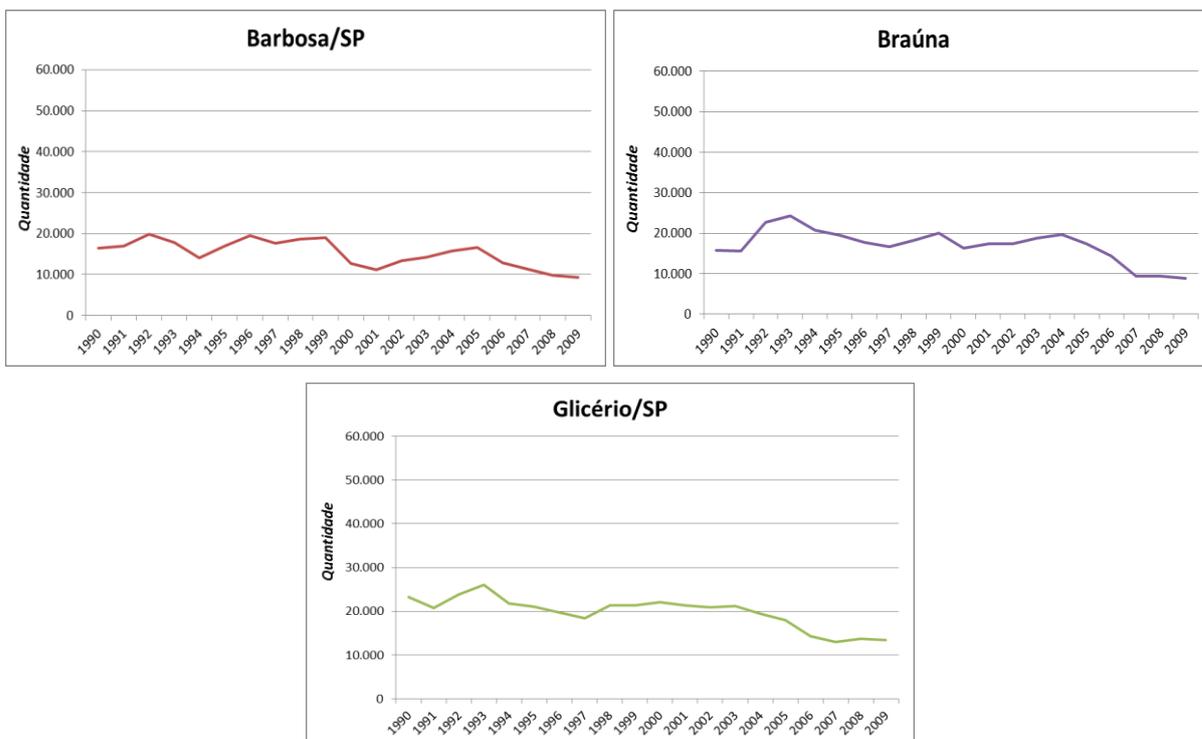
Fonte: IBGE - Banco de dados agregados, 2011.

Editoração: CAZULA, L. P. 2011.

Efetivamente nota-se uma considerável diminuição na quantidade dos rebanhos de bovinos, dos municípios pesquisados, nos últimos 20 anos consultados. A seguir apresentamos, nos gráficos, um panorama desta pesquisa, demonstrando o efetivo anual do rebanho bovino de cada município pesquisado.

Gráfico 19, 20, 21, 22 e 23: Efetivo dos rebanhos Bovinos – 1990-2009 – respectivamente nos municípios de Penápolis, Alto Alegre, Barbosa, Braúna e Glicério/SP

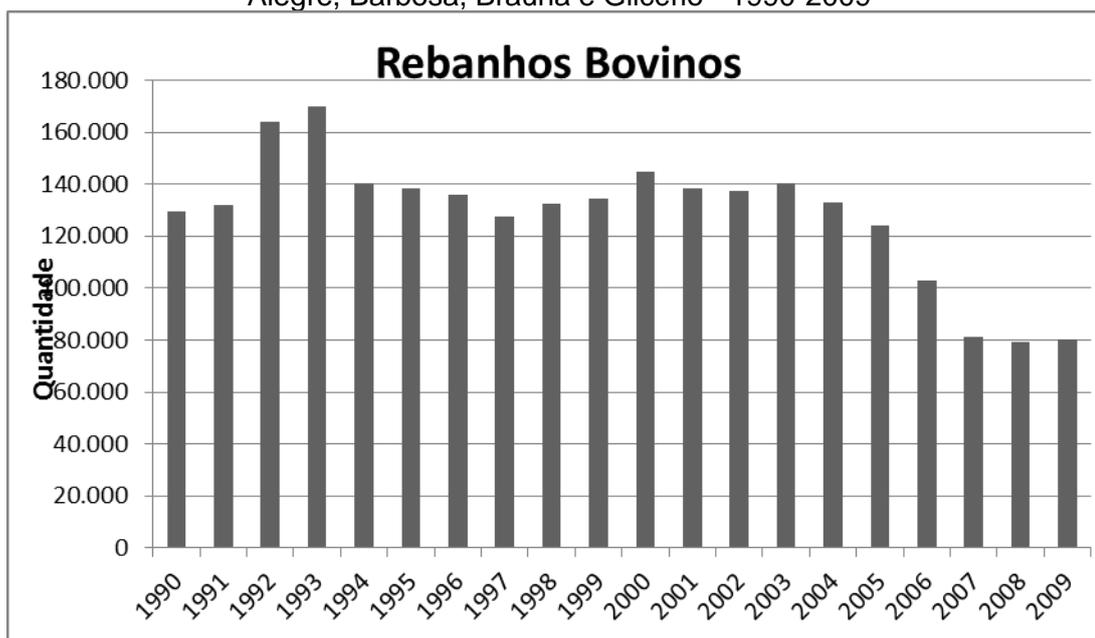




Fonte: IBGE - Banco de dados agregados, 2011.
 Editoração: CAZULA, L. P. 2012.

Com a apresentação dos gráficos acima, têm-se um panorama da variação e a diminuição do efetivo de rebanhos bovinos nos estabelecimentos agrícolas de cada município. Abaixo apresentamos no gráfico 24, em colunas, a visualização destes resultados através da soma do quantitativo dos rebanhos nos cinco municípios estudados durante o período 1990-2009.

Gráfico 24: Total do Efetivo dos rebanhos Bovinos nos municípios de Penápolis, Alto Alegre, Barbosa, Braúna e Glicério - 1990-2009



Fonte: IBGE - Banco de dados agregados, 2011.
 Editoração: CAZULA, L. P. 2012.

Nota-se que a partir do ano de 2004 ocorre uma regressão significativa no efetivo de rebanho bovino nos municípios consultados, o que se compreende que a área destinada para a pecuária tende-se a diminuir na região. Com o surgimento de novas usinas e o aumento da área de plantio da cana-de-açúcar, as propriedades agrícolas pecuárias da região podem efetivamente diminuir gradativamente. Este fato pode ser comprovado mediante a confirmação de que se é mais rentável utilizar a terra para o plantio da cana do que para a pecuária.

6.3 A PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Atualmente a produção agrícola na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado exibe alta concentração da cultura de cana-de-açúcar, principal tipo de cultivo no estado de São Paulo. Os outros tipos de culturas temporárias estão distribuídos entre o milho, o tomate, o arroz, a soja e o algodão.

A lavoura temporária é a atividade que mais absorve mão-de-obra na área agrícola (PENÁPOLIS, 2007). As culturas temporárias abrangem grande parte das áreas dos municípios, sendo o principal cultivo e modo de agricultura que impulsiona a economia agrícola na região.

No gráfico a baixo apresentamos a predominância da cultura de cana-de-açúcar sobre os demais tipos de culturas temporárias e outras culturas, como se nota nos dados quantitativos das culturas permanentes (CAZULA, 2009).

Gráfico 25: Cultura temporária na área dos municípios em estudo



Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal 2007.

Editoração: CAZULA, 2009.

Estes dados servem para explicar, em partes, o aumento na área de cultivos de cana-de-açúcar, que, em números, ocupa 593,32 km², ou seja, 92,1% da área utilizada pela agricultura, segundo o IBGE – Produção Agrícola Municipal 2007, num total de 644,28 km² de áreas agricultáveis. A cultura temporária, tipo de cultivo da cana-de-açúcar, esta presente em 983 propriedades, do total de 2016 fazendas e sítios (CAZULA, 2009).

O município de Penápolis é pioneiro no setor sucroalcooleiro na região noroeste do estado de São Paulo, pois contém uma usina de açúcar e álcool em seu território, fundada em 1946. Além de contar com outras diversas usinas no setor na região entorno da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado. Recentemente, no ano de 2008, foi inaugurado mais um empreendimento, considerada a mais moderna usina do país, no município de Brejo Alegre, vizinho das cidades de Glicério e Penápolis. Esta foi construída em 14 meses e poderá atingir sozinha a produção 6 milhões de toneladas de cana-de-açúcar por safra, e influenciará diretamente os cultivos de cana-de-açúcar em toda a região noroeste paulista (CAZULA, 2009).

Conforme os dados do IBGE (2007) constatam que a produção de cana-de-açúcar dos cinco municípios (Alto Alegre, Barbosa, Braúna, Glicério e Penápolis), pertencentes à bacia hidrográfica do Ribeirão, atinge aproximadamente 5 milhões de toneladas por ano (CAZULA, 2009).

Tabela 20: Produção anual de cana-de-açúcar nos municípios pertencentes à bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado

Cidade	Produção (t)
Alto Alegre	696.000
Barbosa	339.900
Braúna	560.000
Glicério	595.000
Penápolis	2.407.500
TOTAL	4.598.400

Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal 2007.

Editoração: CAZULA, 2009.

Conforme interpretação realizada a partir dos dados do IBGE, em seu último Censo Agropecuário, houve o aumento na área de cultivos de cana-de-açúcar, ocupando enorme porcentagem da área utilizada pela agricultura, e está presente na metade das propriedades rurais, dos cinco municípios. Dentre as culturas temporárias a cana-de-açúcar abrange 94% do total deste tipo de cultivo (CAZULA, 2009).

**C
A
P
Í
T
U
L
O
7**

7 ALTERAÇÕES AMBIENTAIS NA ÁREA DE ESTUDO

Este capítulo pretende responder algumas das indagações que foram apontadas ao longo das discussões nos capítulos anteriores através das análises das alterações ambientais e agrícolas dos municípios que pertencem ao sistema da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado. As quantificações que aqui serão estabelecidas tendem a demonstrar os cenários ambientais da área da bacia hidrográfica, através de dados estatísticos, já apresentados, que juntamente com os mapeamentos, elaborados através das imagens de satélites, utilizando-se das técnicas de geoprocessamento, contribuam para as informações pertinentes à construção de análises propostas.

Com a influência humana no meio natural é extremamente importante os estudos referentes à paisagem os quais devem servir de subsídios na elaboração de planejamentos ligados à relação entre homem e natureza, para que assim, seja minimizada a degradação ambiental que é proveniente dos processos de desenvolvimento e ocupação do espaço pelas atividades humanas (CHRISTOFOLETTI, 1993 apud MIRANDOLA-AVELINO, 2006).

A função do levantamento de uso da terra em planejamentos ambientais permite a avaliação das alterações provocadas pela ação antrópica. E, fornece importantes informações para o manejo eficiente dos recursos naturais. Nesta perspectiva, as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto assumem grande importância nos estudos de planejamento, principalmente na análise ambiental.

O uso da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado é influenciado por processos direcionados pelo homem e pela natureza, em harmonia ou em conflito com o meio ambiente. Como em todo território ocupado pelo homem, muitas alterações ambientais ocorrem em função da economia da região.

Ao mapear uma bacia hidrográfica ambicionam-se dados quantitativos que justifiquem os dados estatísticos levantados a fim de entender os processos geoambientais ocorridos na área em estudo.

Demonstraremos informações das transformações ocorridas diretamente na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, no período de 1985 à 2011, pois os dados obtidos, que foram apresentados no Capítulo 6, são referentes à metodologia do IBGE (2007), que quantificam as informações utilizando o limite político administrativo dos municípios.

As quantificações que apresentaremos estão associadas às informações geradas pelas imagens de satélites, e nos permitirá avaliar os processos e formas de interação entre sociedade e natureza na organização da área da parte componente, contribuindo assim a subsidiar a tomada de decisão no planejamento ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

7.1 ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO LAJEADO – 1985-2011

O mapeamento do uso e ocupação da terra, no período de 1985 à 2011, foi realizado com imagens do Satélite LANDSAT 5, através da técnica de interpretação e classificação das imagens orbitais, feitos por meio de técnicas de geoprocessamento, realizados com o uso do software SPRING 5.2 para gerar os mapas temáticos, de uso e cobertura da terra, da área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP, no período estipulado.

Dentro da disposição do período da análise multitemporal, gerou-se imagens dos usos e ocupação da terra da área de estudo nos anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e por fim do ano de 2011, que são apresentadas neste capítulo.

A análise da realidade do uso e cobertura da terra foi realizada através das imagens de satélite, evidenciando as 6 classes presentes na área da bacia hidrográfica: água, culturas, pastagem, solo exposto, áreas de vegetação natural e área urbanizada. Estas classes foram estabelecidas conforme orientações do Manual Técnico do Uso da Terra (IBGE, 2006), a qual estabelece escala de trabalho para mapeamentos de uso e cobertura da terra.

Conforme foi analisado nas imagens de satélites dos anos citados e com a partir da visualização da área nas saídas de campo, a classe de solo exposto apresenta uma disposição poligonal no formato de suas parcelas, o que indica que este padrão corresponde a áreas de preparo para o cultivo, ou seja, formato de áreas agrícolas (ROSA, 2003). Por isso, estas parcelas são consideradas como áreas destinadas para a classe culturas.

Com as definições das classes de uso e ocupação da terra, elencadas para esta pesquisa, e as suas principais características, ou seja, como essas classes são visualizadas nas imagens de satélite através das refletâncias e das assinaturas espectrais dos alvos (água, áreas urbanas, culturas, vegetação), foram elaborados

os mapas temáticos deste trabalho, que possibilitou a posterior quantificação de suas respectivas áreas e ocupações na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

7.1.1 Mapeamento do uso e ocupação da terra em 1985

Através da interpretação e classificação das imagens orbitais LANDSAT 5 TM, órbita 222, ponto 75, foi gerado o mapa de uso e cobertura da terra na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP, no ano de 1985, datado no dia 23 de julho.

Para realizar a classificação supervisionada por interpretação visual da imagem LANDSAT 5 TM do área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado do ano de 1985, demonstramos na figura 23 a resposta espectral de alguns elementos que foram mapeados na bacia hidrográfica, na qual foi montada uma chave de interpretação desses elementos.

Segundo Rosa (2003), a tonalidade nas imagens orbitais está relacionada com a intensidade da radiação eletromagnética refletida ou emitida pelos alvos. Em relação às formas dos componentes nas imagens, ou seja, os alvos da superfície terrestre apresentam formas geométricas conhecidas e bem definidas. Florenzano (2002, p. 42), afirma que é necessário a interpretação e análise de elementos básicos, a partir dos quais se extraem informações de objetos área, ou fenômenos, que são, por exemplo: as tonalidades, texturas, tamanhos e formas.

No caso deste trabalho fez-se uso das chaves de interpretação voltadas para o mapeamento do uso da terra. Entende-se como chave de interpretação a descrição do conjunto de elementos básicos como já supracitado, que caracterizam um determinado alvo da superfície terrestre (Figura 23).

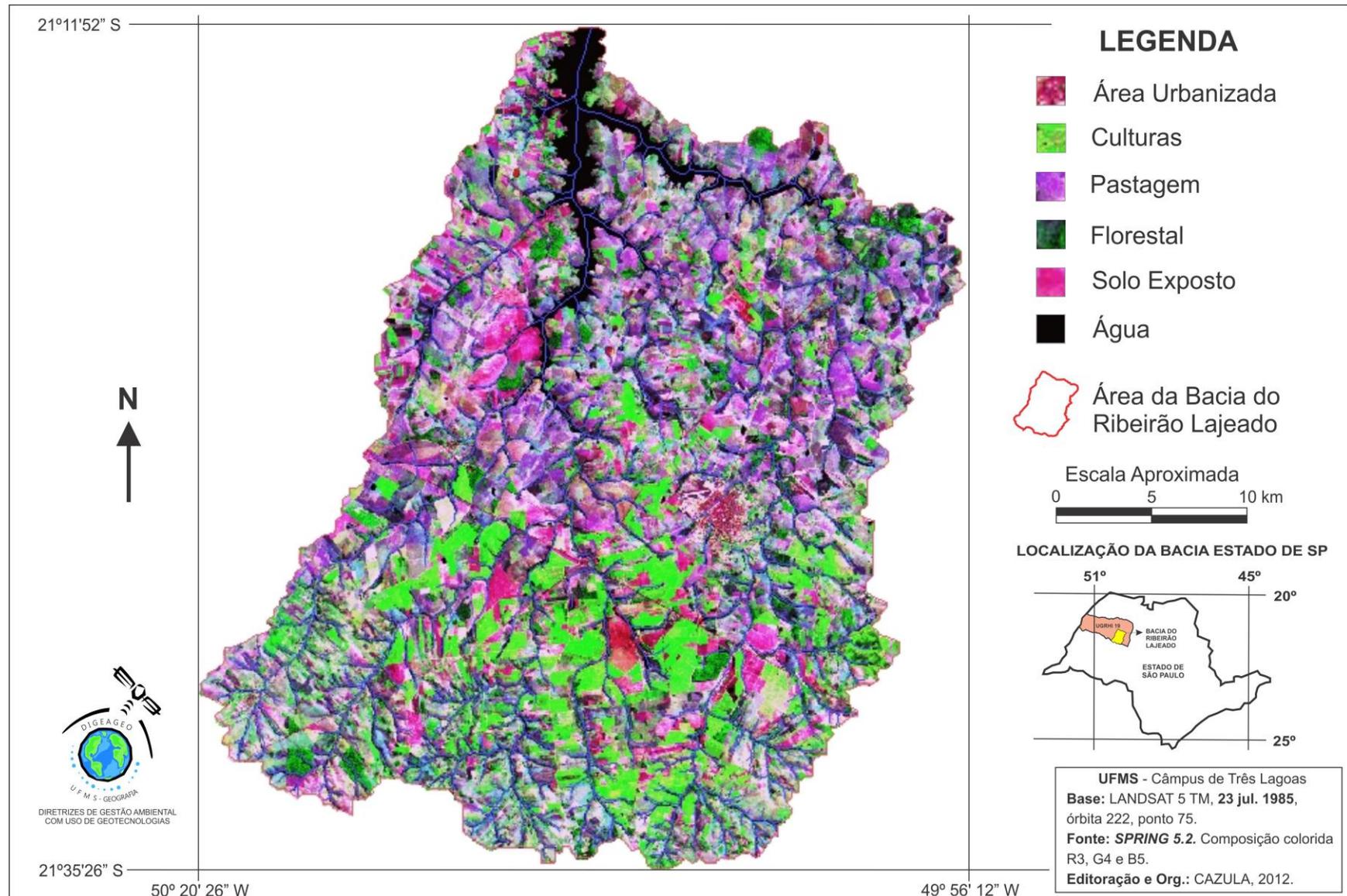


Figura 23: Imagem de classes e chaves de identificação para o uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP – 1985.

Para a elaboração do mapa temático deste ano interpretou-se visualmente a imagem orbital do sensor TM (3R, 4G e 5B), na qual se considerou: as colorações avermelhadas de textura rugosa entenderam-se como área urbanizada; a coloração verde claro de textura lisa como culturas temporárias ou permanentes; cores roxa e lilás de textura rugosa identificaram-se como pastagens; cores verdes escuras de texturas rugosas interpretaram-se como vegetação natural – florestal; as cores rosas claras e escuras e cores esbranquiçadas, de textura lisa, como solo exposto; e, cores negras e vermelhas de textura lisa entendem-se como corpos aquáticos continentais.

As classes e chaves apresentadas para a identificação do uso e cobertura da terra na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado foram definidas perante a realidade ocupacional da região em consonância com o Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (1999).

O mapeamento (Figura 24) demonstra os tipos de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado no ano de 1985.

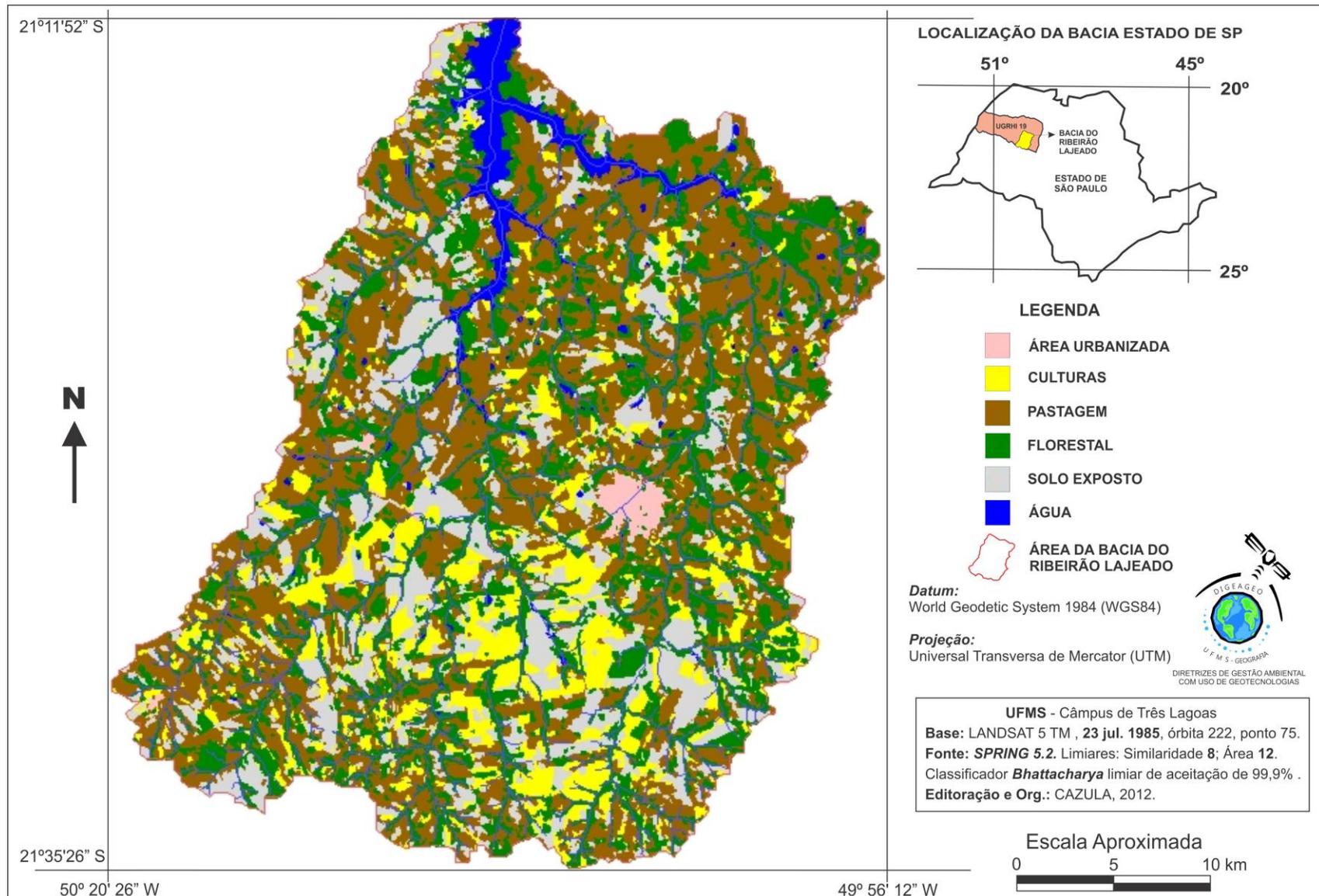


Figura 24: Mapa de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP – 1985.

O mapeamento no ano de 1985 foi executado a partir da classificação supervisionada, perante o módulo de segmentação, crescimento de regiões, com similaridade 8 e área (pixels) 12, utilizando o classificador *Bhattacharya* com limiar de aceitação de 99,9%. A classificação da imagem de 1985 possibilitou a definição de seis classes de uso da terra nos 1.062,8 km² da área de estudo.

Os resultados obtidos na análise da imagem do ano 1985, já constata uma expressiva intervenção antrópica, identificadas nas classes de uso e ocupação da terra na área de estudo, demonstrada principalmente a partir da exploração da terra para criação de gados – pastagens, culturas e solo exposto.

Na tabela a seguir apresentamos as respectivas classes identificadas na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado no ano de 1985 e suas quantificações em km².

Tabela 21: Cálculo de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em 1985

Classes	Área (km²)	%
ÁGUA	42,4	4
CULTURAS	155,3	14,6
PASTAGEM	473,5	44,6
SOLO EXPOSTO	173,7	16,3
FLORESTAL	209,9	19,7
ÁREA URBANIZADA	8	0,8
Área total das classes	1062,8	100

Base: Imagem LANDSAT 5 TM, 23 jul. 1985, órbita 222, ponto 75.

Editoração: CAZULA, 2012.

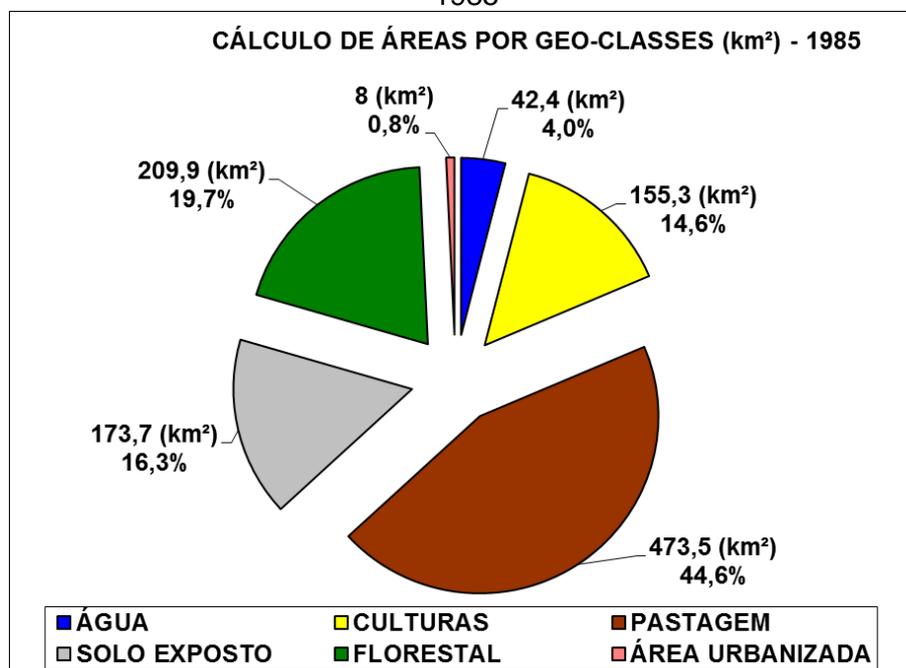
As pastagens e as culturas-solos exposto predominam em todos os setores da agricultura que formam a bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, seguido pela vegetação nativa (Gráfico 26). Com manipulações no sistema de informações geográficas SPRING 5.2 permitiu-se, ainda, quantificar as classes mapeadas, estando os respectivos valores expressos no gráfico a seguir.

Observa-se que para esta data tem-se 44,6% da área da bacia ocupada por pastagens, com distribuição por toda a área estudada, mas com altos índices de concentração no baixo curso da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, com áreas destinadas para esse fim em maiores dimensões.

Perante a classe florestal – vegetação natural, com 19,7% de ocupação na área da bacia, denota-se sua concentração nas margens dos cursos d'água, bem como recobrando áreas de propriedades rurais, distribuídas por toda a área estudada.

A classe solo exposto com ocupação de 16,3% denotam áreas que provavelmente são destinadas ao plantio de culturas que tiveram sua retirada efetivada durante a safra do referido ano ou se encontravam em pousio para descanso da terra.

Gráfico 26: Cálculo de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em 1985



Base: Imagem LANDSAT 5 TM, 23 jul. 1985, órbita 222, ponto 75.

Editoração: CAZULA, 2012.

Com 14,6% da área total da bacia, a classe cultura tem considerável ocupação com o cultivo da cana-de-açúcar, devido a já existência de uma usina sucroalcooleira presente na área da bacia, no médio curso fluvial, neste caso a Usina Campestre que localiza-se no município de Penápolis, fundada em 1946.

Os valores de 4% para classe água se devem principalmente pela área inundada na foz do Ribeirão Lajeado e Bonito, sob influência da usina hidrelétrica Três Irmãos, localizada na cidade de Buritama/SP no rio Tietê, a poucos quilômetros da foz do Ribeirão Lajeado. Além da área inundada, nota-se neste ano a presença de diversas pequenas represas ao longo dos cursos d'água, açudes, barreiros e lagos, verificadas nas imagens de satélite, que vão ampliar o quantitativo desta classe temática.

A classe área urbana aparece com menor porcentagem, pois são áreas com pequena representatividade na imagem, ou seja, essa classe é representada principalmente pela malha urbana da cidade de Penápolis, localizada na região centro leste da área da bacia, e consecutivamente pelas pequenas malhas urbanas das cidades de Glicério, localizada na região centro oeste da bacia, e por Braúna

que situa-se na porção noroeste da bacia. O município de Alto Alegre, localizado no divisor d'água da bacia, especificamente na região sul, não obteve representatividade de sua área. O município de Barbosa, como já destacamos, sua área urbana não se insere na área da bacia hidrográfica.

No ano de 1985 já era visível na área de estudo, há existência de pouca cobertura de vegetação natural, compreendendo 19,7% de ocupação, de forma fragmentada na bacia hidrográfica provocada pelas atividades econômicas desenvolvidas. Através do mapa temático do ano de 1985, foi possível visualizar a forma e a distribuição das classes pela bacia hidrográfica, e desta forma permitiu-se realizar a análise espacial da área estudada, evidenciando resultados mais concretos perante a análise dos usos e coberturas da terra.

7.1.2 Mapeamento do uso e ocupação da terra em 1990

Foi gerado o mapa de uso e cobertura da terra na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP, no ano de 1990, datado no dia 27 de fevereiro através da interpretação e classificação das imagens orbitais LANDSAT 5 TM, órbita 222, ponto 75. Demonstramos na figura 25 a resposta espectral de alguns elementos que foram mapeados na bacia hidrográfica, na qual foi montada uma chave de interpretação desses elementos.

Para a elaboração do mapa temático deste ano interpretou-se visualmente a imagem orbital do sensor LANDSAT 5 TM de 1990 (3R, 4G e 5B), na qual se considerou: as colorações avermelhadas e rosadas de textura rugosa entenderam-se como área urbanizada; a coloração verde claro e com algumas tonalidades escuras de textura lisa como culturas temporárias ou permanentes; cores roxa e lilás de textura rugosa identificaram-se como pastagens; cores verdes escuras de texturas rugosas interpretaram-se como vegetação natural – florestal; as cores rosa claras e esbranquiçadas, de textura lisa, como solo exposto; e, cores negras e vermelhas de textura lisa entendem-se como corpos aquáticos continentais. As classes e chaves apresentadas para a identificação do uso e cobertura da terra na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado foram definidas perante a ocupação da região em consonância com o Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (1999).

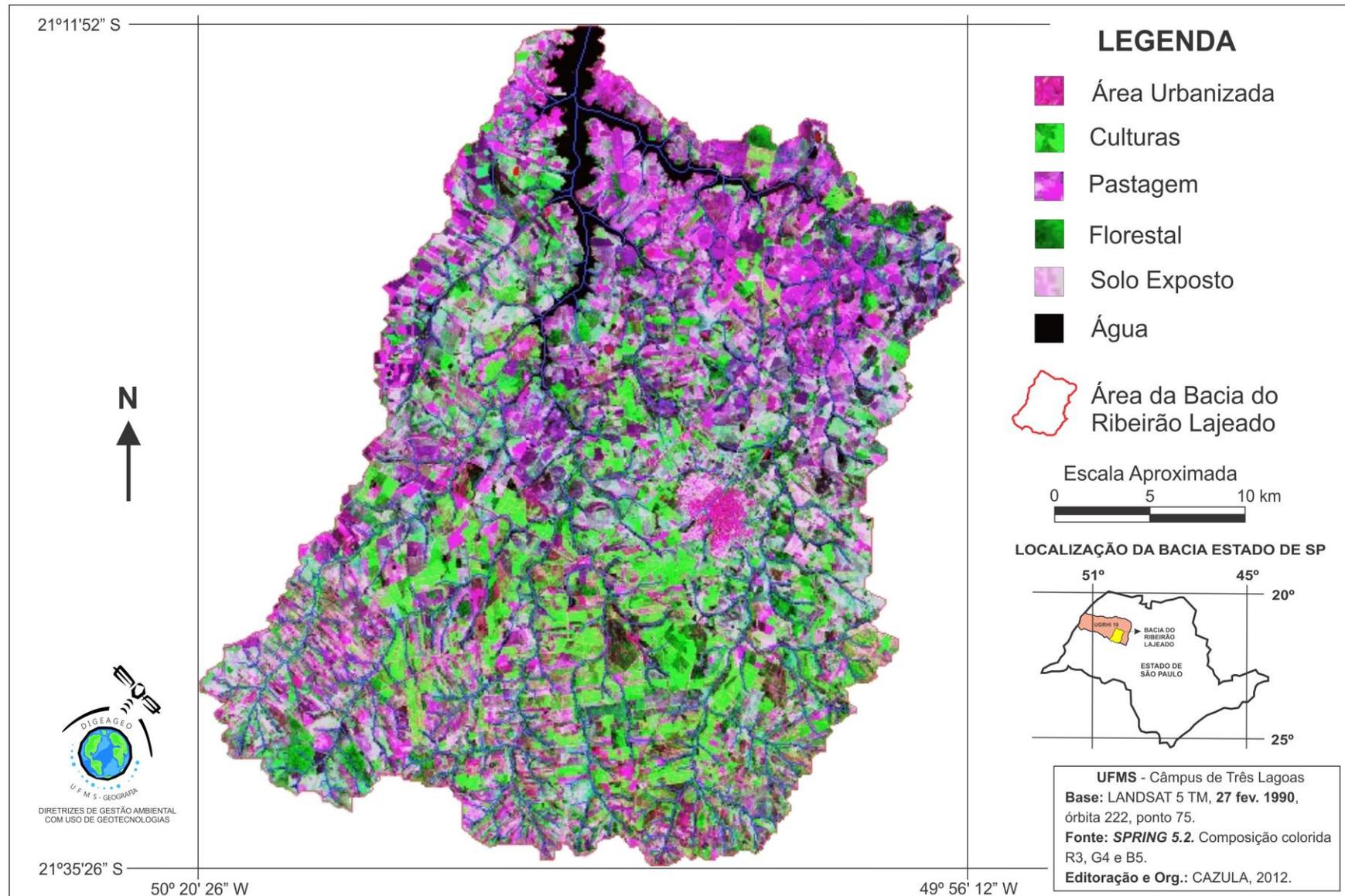


Figura 25: Imagem de classes e chaves de identificação para o uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP – 1990.

O mapeamento (Figura 26) demonstra os tipos de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado no ano de 1990, evidenciados no mapa temático apresentado a seguir. O mapeamento no referido ano foi executado a partir da classificação supervisionada, perante o módulo de segmentação, crescimento de regiões, similaridade 10 e área (pixels) 20, utilizando o classificador *Bhattacharya* com limiar de aceitação de 99,9%. A classificação da imagem de 1990 possibilitou a definição de seis classes de uso da terra nos 1.062,7 km² da área de estudo.

O mapa temático representa de forma bem detalhada a distribuição das classes existentes no ano de 1990 na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, através deste pode-se observar tendências para os tipos de usos predominantes na região. Os resultados obtidos na análise da imagem do ano 1990, demonstram a ampliação de áreas destinadas para culturas.

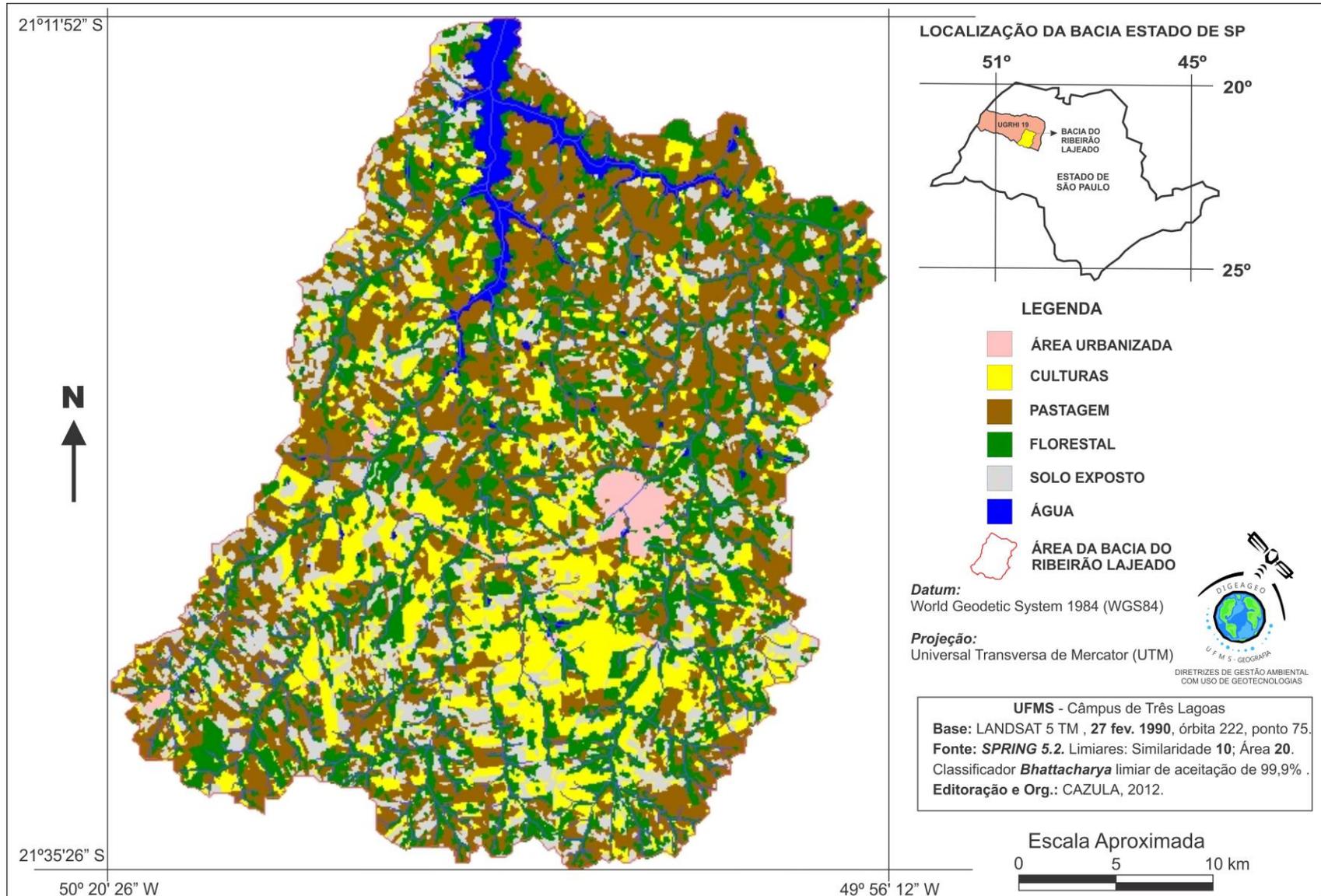


Figura 26: Mapa de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP – 1990.

Na tabela a seguir apresentamos as respectivas classes identificadas na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado no ano de 1990 e suas quantificações em km².

Tabela 22: Cálculo de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em 1990

Classes	Área (km ²)	%
ÁGUA	37,7	3,5
CULTURAS	245,6	23,1
PASTAGEM	416,3	39,3
SOLO EXPOSTO	138,6	13
FLORESTAL	212	19,9
ÁREA URBANIZADA	12,5	1,2
Área total das classes	1062,7	100

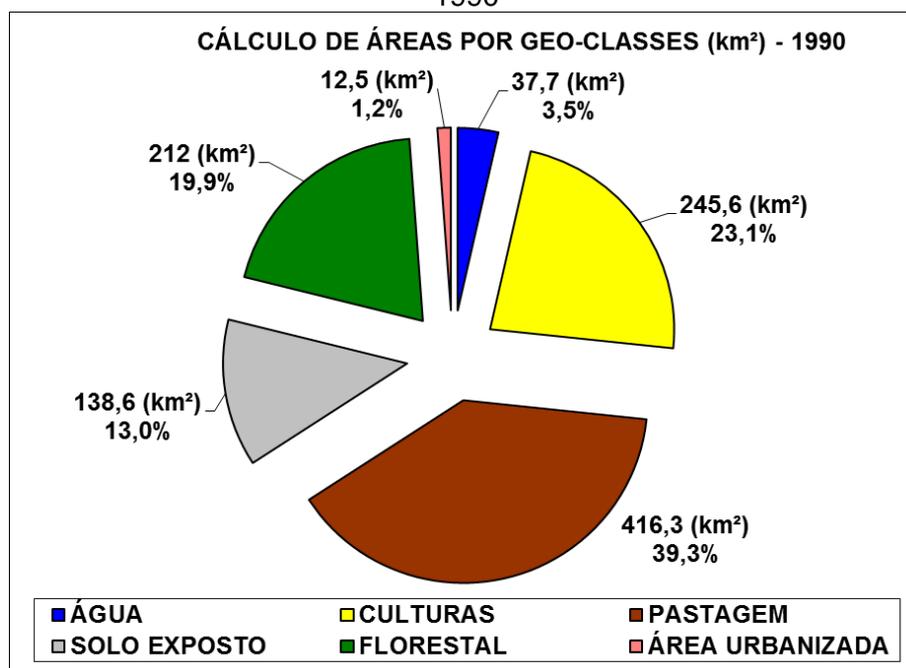
Base: Imagem LANDSAT 5 TM, 27 fev. 1990, órbita 222, ponto 75.

Editoração: CAZULA, 2012.

As pastagens e as culturas-solos exposto continuam predominantes em todos os setores da agricultura que formam a bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, seguido pela vegetação nativa (Gráfico 27).

Com manipulações no sistema de informações geográficas SPRING 5.2 permitiu-se, ainda, quantificar as classes mapeadas, estando os respectivos valores expressos no gráfico a seguir.

Gráfico 27: Cálculo de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em 1990



Base: Imagem LANDSAT 5 TM, 27 fev. 1990, órbita 222, ponto 75.

Editoração: CAZULA, 2012.

Observamos que em 1990 a área da bacia ocupada por pastagens houve uma regressão de aproximadamente 5%, com a quantificação de 39,3%, ainda distribuídas por toda a área estudada, com percas de seu território para as culturas, explícitas no baixo curso da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

Com 19,9% de ocupação na área da bacia, a classe florestal – vegetação natural, denota-se sua concentração nas margens dos cursos d'água, bem como recobrando áreas de propriedades rurais, distribuídas por toda a área estudada. É notória a ausência de vegetação às margens da área inundada, tanto no curso d'água do Ribeirão Lajeado como do Ribeirão Bonito.

Solo exposto com ocupação de 13% denotam áreas que provavelmente são destinadas ao plantio de culturas que se encontravam em pousio para descanso da terra, no período de entressafra de 1990.

A classe cultura tem ampla ocupação com 23,1% da área total da bacia, e neste ano apresenta um crescimento de sua cobertura sobre a área da bacia. Esse fato é evidente devido a entressafra, pois a imagem é datada no mês de fevereiro de 1990, período em que ainda não iniciaram a colheita do cultivo de cana-de-açúcar, fato denotado pela diminuição da ocupação de solo exposto na área estudada. Notamos ampliação de áreas destinadas para cultura na região leste e noroeste da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

Os valores de 3,5% para classe água se devem principalmente pela área inundada na foz do Ribeirão Lajeado e Bonito, e neste ano apresenta uma redução de aproximadamente 5 km² de sua ocupação no território. Além da área inundada, verificou-se durante o processo de mapeamento que neste ano houve a redução das represas ao longo dos cursos d'água, bem como de açudes, barreiros e lagos, verificadas nas imagens de satélite, diminuindo o percentual desta classe temática.

Perante a classe área urbana, em 1990, houve um nítido crescimento de sua área, mesmo sendo a classe com menor porcentagem, nota-se a ampliação da malha urbana dos três municípios que se inserem na área da bacia, Penápolis com maior representatividade, e posteriormente Glicério e Braúna, municípios menores. Alto Alegre ainda não obteve representatividade de sua área.

A classe vegetação natural – florestal, manteve-se estável no ano de 1990 comparando com 1985, com pequeno aumento para 19,9% de sua área de ocupação.

Através do mapa temático do ano de 1990, novamente foi possível a visualização e a forma de distribuição das classes pela bacia hidrográfica, e desta

forma permitiu-se realizar a análise espacial da área estudada, evidenciando resultados mais concretos perante a análise dos usos e coberturas da terra.

7.1.3 Mapeamento do uso e ocupação da terra em 1995

Para esta etapa foi gerado o mapa de uso e cobertura da terra na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP, no ano de 1995, através da interpretação e classificação das imagens orbitais LANDSAT 5 TM, órbita 222, ponto 75, de data de passagem do sensor orbital no dia 30 de abril.

A seguir exibimos na figura 27 a resposta espectral dos elementos que consecutivamente foram mapeados na bacia hidrográfica, na qual foi montada uma chave de interpretação desses elementos.

Na elaboração do mapa temático de 1990 interpretou-se visualmente a imagem orbital do sensor LANDSAT 5 TM (3R, 4G e 5B), na qual se considerou as respectivas colorações com suas nomeações: as colorações avermelhadas e rosadas de textura rugosa entenderam-se como área urbanizada; a coloração verde claro e com algumas tonalidades escuras de textura lisa como culturas temporárias ou permanentes; cores roxa e lilás de textura rugosa identificaram-se como pastagens; cores verdes escuras de texturas rugosas interpretaram-se como vegetação natural – florestal; as cores rosa claras e esbranquiçadas, de textura lisa, como solo exposto; e, cores negras e vermelhas de textura lisa entendem-se como corpos aquáticos continentais.

Novamente se utilizou o Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (1999) para a definição de cores nas classes e chaves apresentadas para a identificação do uso e cobertura da terra na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, com base na ocupação da região.

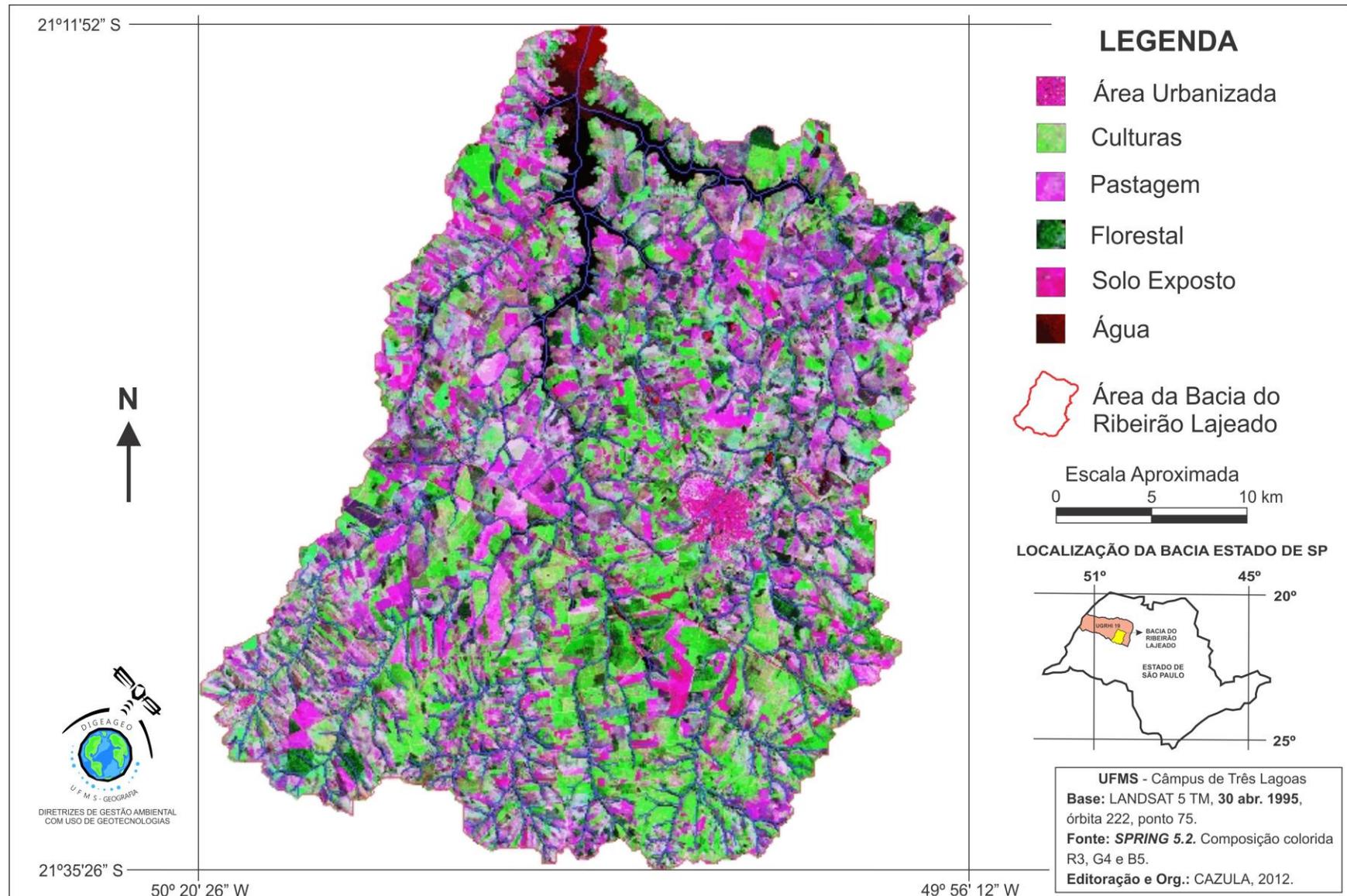


Figura 27: Imagem de classes e chaves de identificação para o uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP – 1995.

A seguir, na figura 28, apresentamos o mapeamento que demonstra os tipos de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado no ano de 1995, evidenciados no mapa temático apresentado. O mapeamento executado neste ano, a partir da classificação supervisionada, perante o módulo de segmentação, crescimento de regiões, com similaridades e áreas (pixels) 10 e 20, respectivamente, utilizando o classificador *Bhattacharya* com limiar de aceitação de 99,9%. A classificação da imagem de 1995 possibilitou a definição de seis classes de uso da terra nos 1.062,9 km² da área de estudo.

Com a representação do mapa temático visualizamos a distribuição das classes existentes no ano de 1995 na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, na qual através deste pode-se verificar os tipos de usos e sua respectiva ocupação predominantes na área da bacia hidrográfica. Os resultados obtidos na análise da imagem do ano 1995, demonstram certa estabilização das classes estudadas, mas com relevante supressão das áreas de vegetação natural e um pequeno aumento das áreas destinadas para culturas-solo exposto.

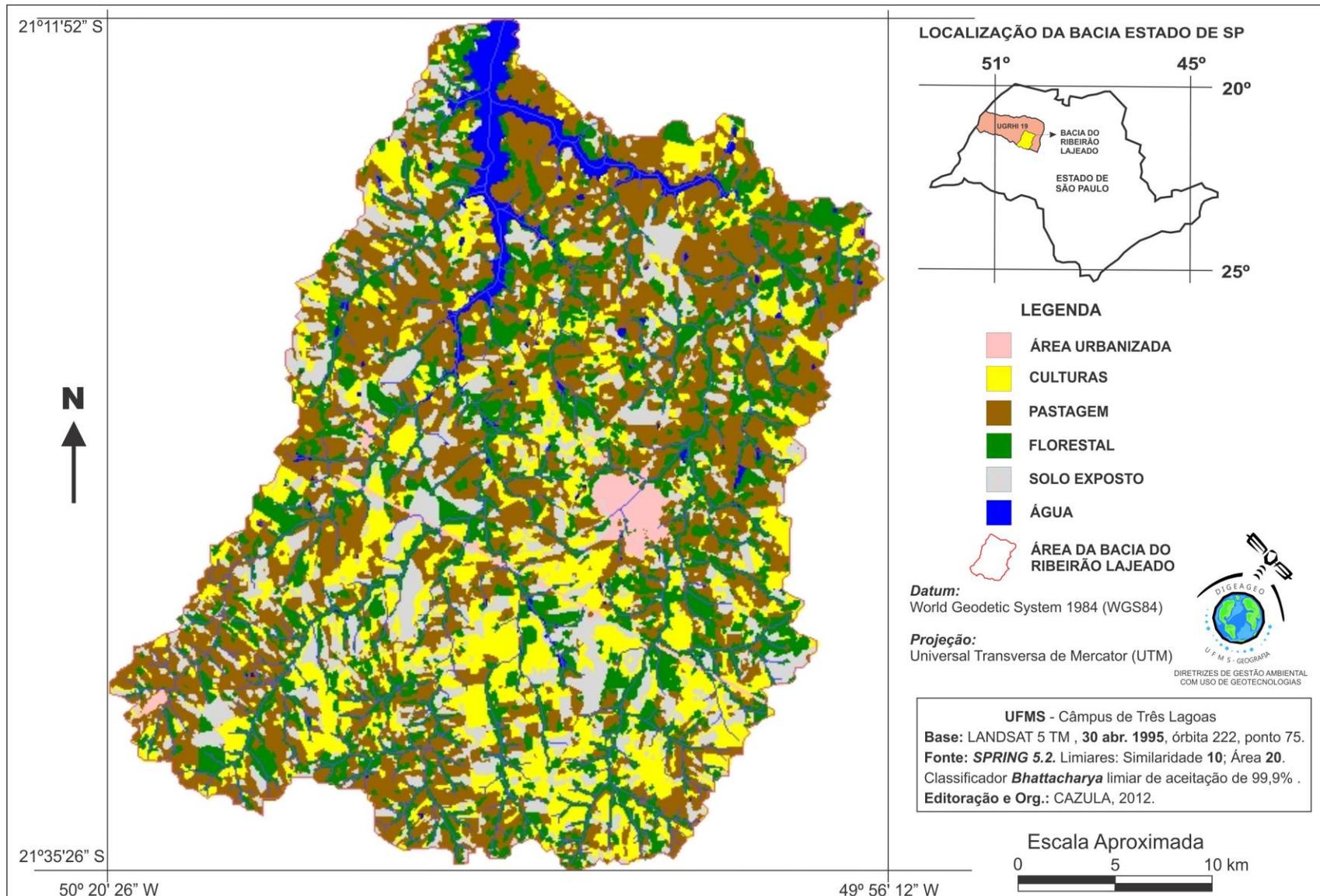


Figura 28: Mapa de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP – 1995.

Apresentamos na tabela a seguir os tipos de usos e ocupação das classes identificadas na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado no ano de 1995 com suas respectivas quantificações em km² e percentual de ocupação.

Tabela 23: Cálculo de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em 1995

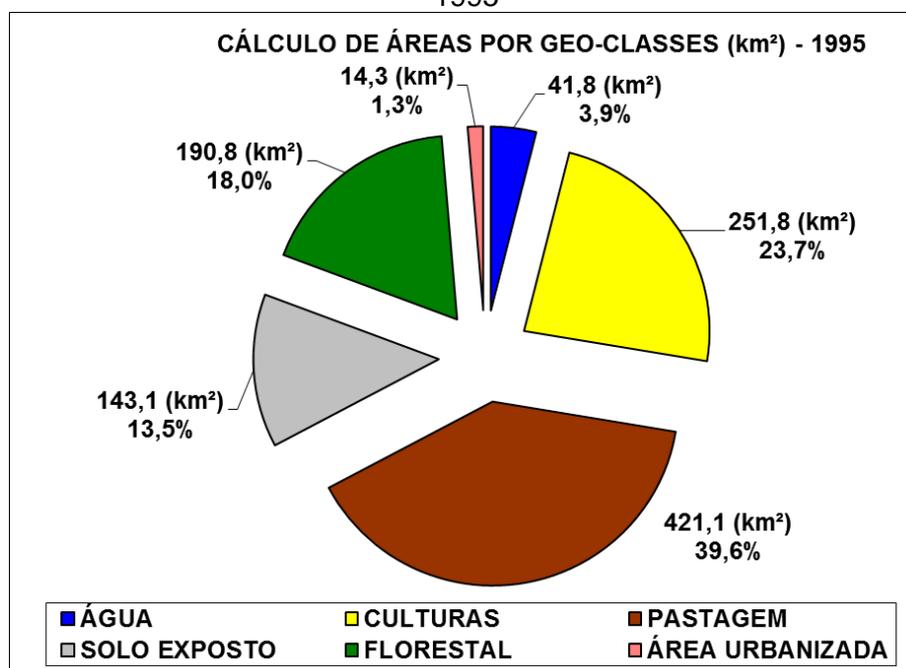
Classes	Área (km ²)	%
ÁGUA	41,8	3,9
CULTURAS	251,8	23,7
PASTAGEM	421,1	39,6
SOLO EXPOSTO	143,1	13,5
FLORESTAL	190,8	18
ÁREA URBANIZADA	14,3	1,3
Área total das classes	1062,9	100

Base: Imagem LANDSAT 5 TM, 30 abr. 1995, órbita 222, ponto 75.

Editoração: CAZULA, 2012.

Tanto pastagens como culturas-solos exposto permanecem com maior representatividade na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, sendo essas áreas destinadas para agricultura presente região (Gráfico 28). No gráfico a seguir apresentamos as classes mapeadas devidamente quantificadas.

Gráfico 28: Cálculo de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em 1995



Base: Imagem LANDSAT 5 TM, 30 abr. 1995, órbita 222, ponto 75.

Editoração: CAZULA, 2012.

Conforme a análise multitemporal observa-se que em 1995 a área da bacia ocupada por pastagens manteve-se estável comparando-se com a análise do ano

anterior-1990, com a quantificação de 39,6%, mesmo com supressões deste tipo de uso em determinadas regiões, houve o mapeamento desta classe que mantiveram-se distribuídas por toda a área estudada.

A classe florestal, com 18% de ocupação na área da bacia, verifica-se sua diminuição em aproximadamente 2% em relação a quantificação de 1990, na qual verificamos a supressão de vegetação natural principalmente em áreas distantes das margens dos cursos d'água, que por ventura poderiam ser áreas de reservas de propriedades rurais. Nota-se a ausência de vegetação em diversos pontos da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, alterados, mormente por solo exposto.

O uso destinado à classe solo exposto obteve ocupação de 13,5%, e novamente denotam áreas que provavelmente serão destinadas ao plantio de culturas durante a safra de 1995.

Com ocupação de 23,7% da área total da bacia classe cultura mantém vasta atuação sob a cobertura da região. A imagem utilizada neste ano é datada no mês de abril, período de início da safra de colheita do cultivo de cana-de-açúcar, na qual observamos valores de ocupação semelhantes à análise anterior, mesmo com variações de localizações deste tipo de uso, o mesmo ocorrendo com a classe solo exposto na área estudada.

Os valores de 3,9% para classe água neste ano retoma a média de valores apontados no ano base-1985, apresentando um aumento de sua área de ocupação de aproximadamente 5 km². Esta oscilação deve-se principalmente a interferência da vegetação e/ou às copas das árvores que cobrem algumas áreas próximos aos cursos d'água das represas, bem como de açudes, barreiros e lagos, verificadas nas imagens de satélite, oscilando o percentual desta classe temática.

Em 1995 a classe área urbana, houve um pequeno crescimento de sua área, verificado na malha urbana dos três municípios que se inserem na área da bacia, Penápolis, Glicério e Braúna. E neste ano o município de Alto Alegre obteve uma pequena representatividade de sua área, apresentada na região sul da bacia.

A classe vegetação natural – florestal, foi a que houve maior supressão de sua área em 1995, neste caso comparando com os anos anteriores, 1985 e 1990, com redução de aproximadamente 20 km² de sua ocupação na área da bacia, fator esse evidenciado pela ausência e diminuição deste tipo de classe em áreas rurais, que ficam um pouco mais distante das margens dos rios.

Perante os dados e imagens apresentadas nesta etapa foi possível a visualização e a forma de distribuição das classes pela bacia hidrográfica através do

mapa temático do ano de 1995, permitindo-nos a realização da análise espacial da área estudada, evidenciando resultados mais concretos perante a análise dos usos e coberturas da terra.

7.1.4 Mapeamento do uso e ocupação da terra em 2000

No ano de 2000 foi gerado o mapa de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP, através da interpretação e classificação das imagens orbitais LANDSAT 5 TM, órbita 222, ponto 75 de passagem datada no dia 16 de julho do referido ano.

Durante a elaboração do mapa temático deste ano foi necessário realizar a interpretação visual da imagem orbital do sensor LANDSAT 5 TM de 2000, utilizando as bandas 3, 4 e 5, das sete bandas imageadas pelo satélite, compondo as cores Reed – R (vermelho), Green – R (Verde) e Blue – B (Azul) respectivamente para as referidas bandas, para efetivar a classificação supervisionada, na qual se considerou as distintas colorações, descritas a seguir, com os tipos de uso da terra: as colorações avermelhadas e rosadas, de textura rugosa, entenderam-se como área urbanizada; a coloração verde claro e com algumas tonalidades escuras, de textura lisa, como culturas temporárias ou permanentes; cores roxa, lilás e esbranquiçadas, de textura rugosa, identificaram-se como pastagens; cores verdes escuras, de texturas rugosas, interpretaram-se como vegetação natural – florestal; as cores rosa claras e escuras e esbranquiçadas, de textura lisa, como solo exposto; e, cores negras e vermelhas de textura lisa entendem-se como corpos aquáticos continentais.

A seguir demonstramos na figura 29 a resposta espectral de alguns elementos que foram mapeados na bacia hidrográfica, na qual foi montada uma chave de interpretação desses elementos mediante as cores apresentadas após a fase de realce de contraste aplicado nas imagens orbitais. As classes e chaves apresentadas para a identificação do uso e cobertura da terra na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado foram definidas perante a ocupação da região em consonância com o Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (1999).

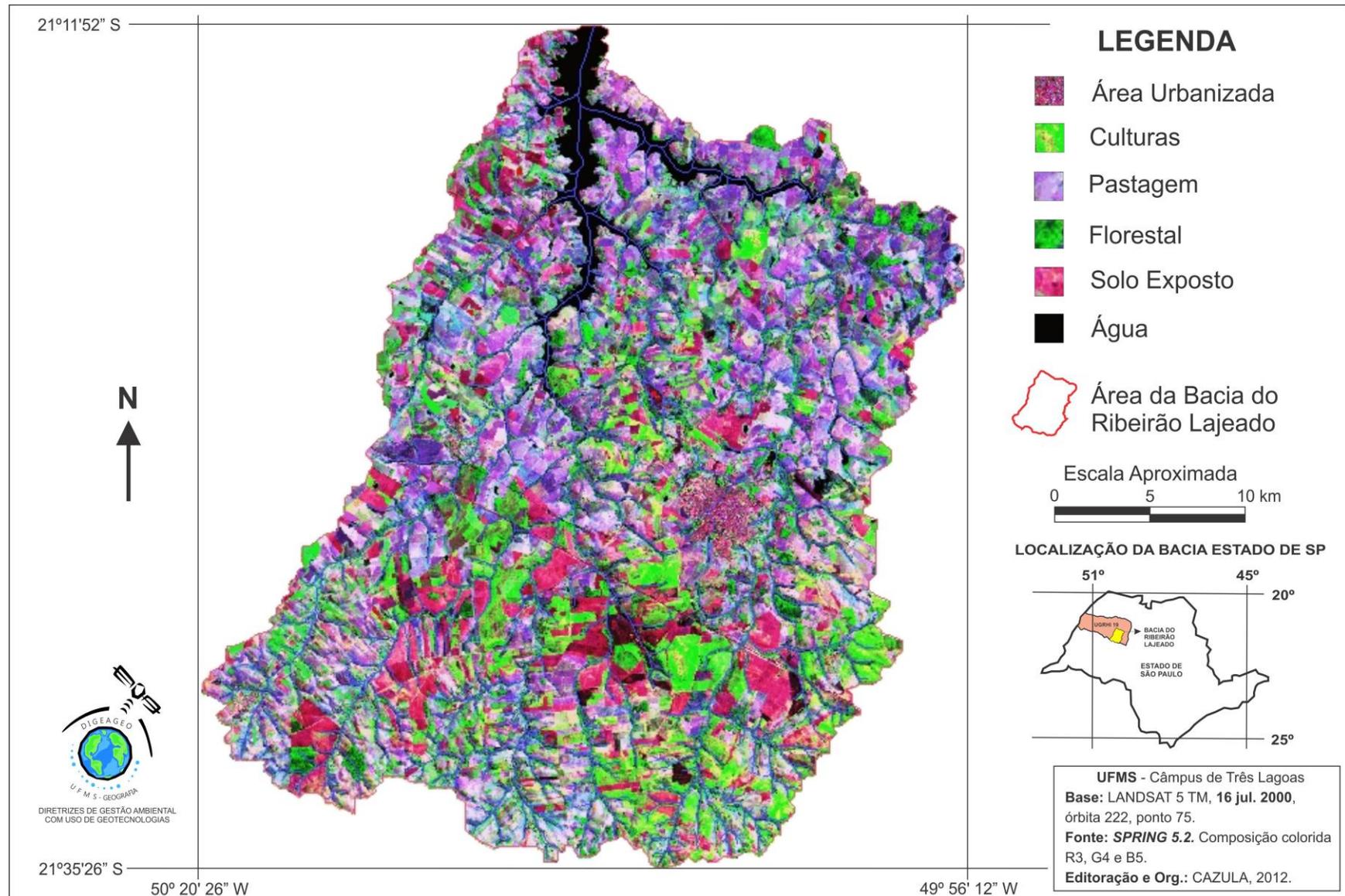


Figura 29: Imagem de classes e chaves de identificação para o uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP – 2000.

O resultado obtido na classificação da imagem, com o mapeamento dos tipos de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado no ano de 2000, e os cálculos das ocupações das classes temáticas podem ser visualizados a seguir.

Demonstramos na figura 30, o mapa temático da região do ano 2000 de cobertura da terra do ano 2000, com as seguintes classes: área urbanizada, culturas, pastagem, florestal, solo exposto e água nos 1.062,2 km² da área de estudo. Através do mapa temático do ano supracitado, foi possível visualizar a forma e a distribuição das classes, permitindo-nos fazer uma análise espacial da área com resultados mais concretos.

Neste ano o mapeamento foi executado a partir da classificação supervisionada, perante o módulo de segmentação, crescimento de regiões, com similaridade 6 e área (pixels) 8, através do classificador *Bhattacharya* com limiar de aceitação de 99,9%.

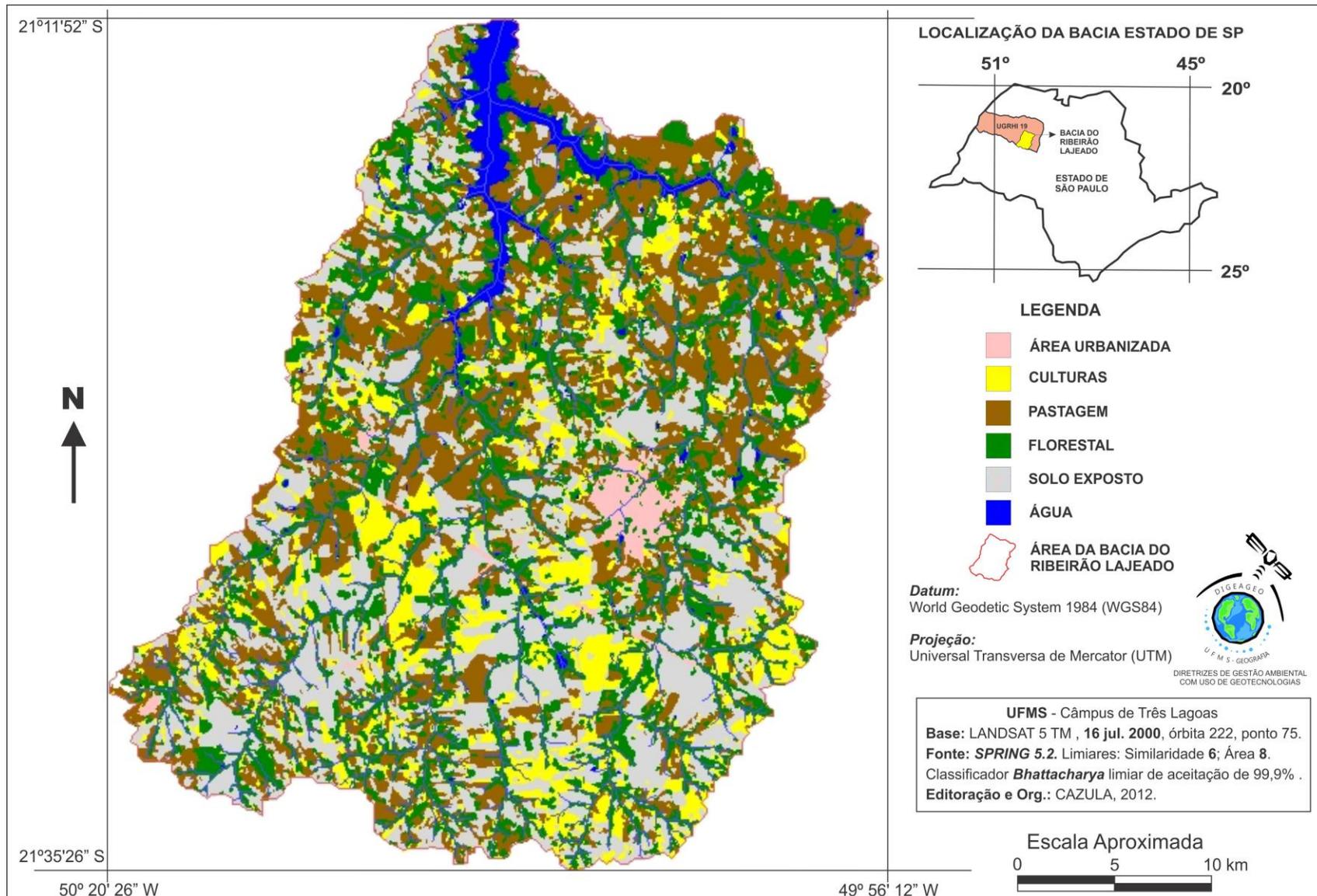


Figura 30: Mapa de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP – 2000.

Através do mapa temático apresentado podemos analisar de forma bem detalhada a distribuição das classes existentes no ano de 2000 na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, na qual pode-se observar as tendências para os tipos de usos predominantes na região.

Com os resultados obtidos na análise da imagem, fica explícito a maior presença territorial de cultivos agrícolas, que evidenciam ampliação de áreas destinadas para culturas.

Na tabela a seguir apresentamos as respectivas classes identificadas na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado no ano de 2000 e suas quantificações em km², bem como o percentual de cada classe em relação a ocupação na região estudada.

Tabela 24: Cálculo de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em 2000

Classes	Área (km²)	%
ÁGUA	43,4	4,1
CULTURAS	180	16,9
PASTAGEM	354,6	33,4
SOLO EXPOSTO	274,5	25,8
FLORESTAL	195	18,4
ÁREA URBANIZADA	14,7	1,4
Área total das classes	1062,2	100

Base: Imagem LANDSAT 5 TM, 16 jul. 2000, órbita 222, ponto 75.

Editoração: CAZULA, 2012.

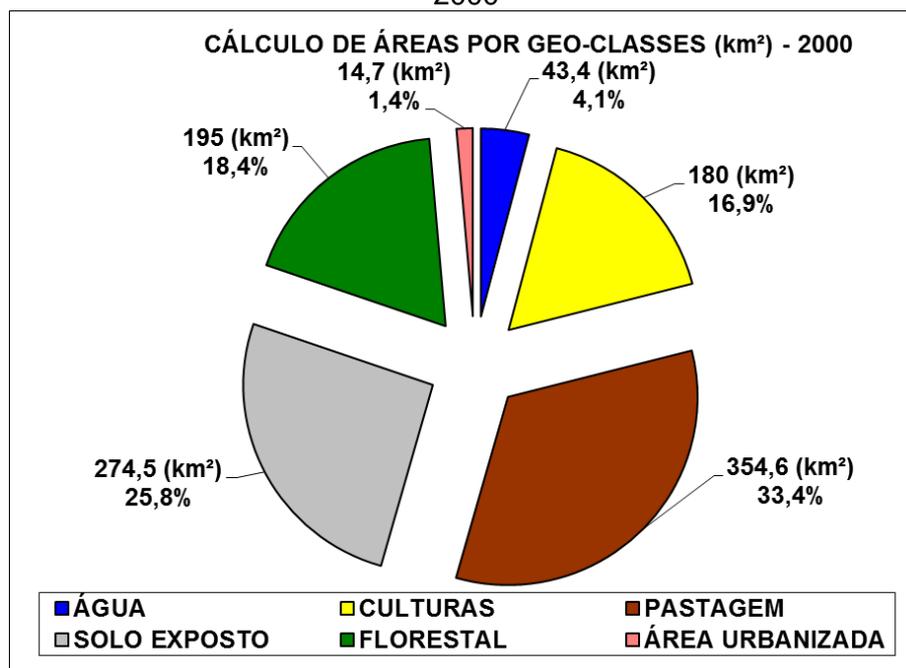
A classificação das cenas das imagens LANDSAT 5 TM 2000 (Figura 30) e o cálculo da ocupação das classes temáticas (Tabela 24), apontam as pastagens e culturas-solos exposto continuam predominantes em todos os setores da agricultura que compõem a área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, seguido pela vegetação nativa (Gráfico 29).

Desta forma, com as manipulações no sistema de informações geográficas SPRING 5.2 permitiu-se, quantificar as classes mapeadas, apresentados na tabela anterior, e desta forma apresentamos os respectivos valores no gráfico a seguir.

Perante o uso e ocupação da terra do ano 2000 observamos que, na área da bacia, a classe pastagens houve uma regressão de aproximadamente 6%, com a quantificação de 33,4%, que mesmo distribuídas por toda a área estudada, houve percas de seu território para as culturas, explicitas por toda bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, com maior evidência no alto e baixo curso fluvial.

A classe florestal – vegetação natural, com 18,4% de ocupação na área da bacia, manteve-se estável em relação ao ano anterior mapeado, 1995, mas denotamos a supressão de vegetação em algumas áreas da bacia, e consecutivamente o aumento nas margens dos cursos d'água, distribuídas por toda a área estudada. Ainda fica explícito no ano de 2000 a ausência de vegetação às margens da área inundada, tanto no curso d'água do Ribeirão Lajeado como do Ribeirão Bonito.

Gráfico 29: Cálculo de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em 2000



Base: Imagem LANDSAT 5 TM, 16 jul. 2000, órbita 222, ponto 75.

Editoração: CAZULA, 2012.

Mediante a classe solo exposto, no ano de 2000, especificamente para o mês em que houve o mapeamento, julho, trata-se do período de safra e colheita da cultura de cana-de-açúcar, sendo que as áreas mapeadas para esta classe atingiram o valor de ocupação em 25,8%, num considerável aumento de 12,3%, ou seja, um acréscimo de 131,4 km², comparado com o ano de 1995, devido às essas áreas serem provavelmente destinadas ao plantio de culturas, na qual já havia ocorrido a colheita no referido ano, ou as mesmas se encontravam em pousio para descanso da terra.

Este fator, do aumento de áreas de solo exposto, fez com que houvesse, no ano de 2000, a regressão de áreas ocupadas por culturas, com a quantificação de 16,9% da área total da bacia, comparando-se com o ano de 1995, que obteve a marcação de 23,7% de ocupação. No entanto se somarmos as áreas utilizadas por

culturas e as ocupações de solo exposto (16,9% + 25,8%), teremos um aumento de 5%, em relação à 1995, da área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado destinada para agricultura. Desta forma notamos ampliação de áreas destinadas para cultura por toda a região da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

Fica evidente uma relevante ampliação de áreas destinadas para culturas com este aumento da classe solo exposto, pois a região estudada compreende grande potencial agrícola para as culturas temporárias, principalmente a matéria prima para as usinas sucroalcooleiras.

A classe água, com valores de 4,1% de ocupação na área da bacia, manteve-se estável em relação ano anterior mapeado. Não houve alterações significativas desta classe perante área inundada, na foz do Ribeirão Lajeado e Bonito, e das represas ao longo dos cursos d'água que por ventura foram imageados, bem como de açudes, barreiros e lagos, verificadas nas imagens de satélite, mantendo o percentual desta classe temática.

No ano de 2000 a classe área urbana, com valores de 1,4% de sua ocupação na área da bacia, mesmo com pouca ampliação, notamos um nítido crescimento da área urbana no município de Penápolis, bem como em alguns pontos nos municípios de Braúna e Glicério houve um pequeno crescimento. Já a malha urbana de Alto Alegre manteve a mesma representatividade de sua área comparando com o ano de 1995.

Com 18,4% de sua área de ocupação a classe vegetação natural – florestal, manteve-se estável no ano de 2000 com um pequeno aumento de seu percentual em relação aos cinco anos passados. Mesmo com os valores semelhantes nos anos já consultados verificamos uma dinâmica relevante desta classe, havendo supressão em determinadas localidades e aumento de vegetação natural nas margens dos rios, principalmente na região de cabeceiras do Ribeirão Lajeado e Ribeirão Bonito, os principais cursos d'água da bacia hidrográfica estudada.

Com a apresentação destes resultados no ano de 2000, novamente foi possível a visualização e a forma de distribuição das classes pela bacia hidrográfica, evidenciando o questionamento levantado na presente pesquisa entorno da forma como o uso e ocupação da terra ocorreram e vêm ocorrendo, isto é, levando em consideração os riscos e os prejuízos que a utilização dos recursos naturais, sem planejamento e controle, pode gerar impactos para a sociedade. Desta forma permitiu-se realizar a análise espacial da área estudada, evidenciando resultados mais concretos perante a análise dos usos e coberturas da terra. No ano 2000 já era

visível na área de estudo, há existência de pouca cobertura vegetal natural, recobrando apenas 18,4% da bacia hidrográfica, provocada principalmente pelas atividades econômicas desenvolvidas, neste caso predomina a monocultura da cana-de-açúcar.

Em geral, a dinâmica da cobertura de vegetação natural, na bacia hidrográfica em questão, tende a uma maior relação de uso e troca entre as suas áreas apresentadas, ficando evidente a supressão desta para as classes de pastagem e agricultura. Isso deixa, de certa forma, a classe florestal aptas a regeneração nas margens dos rios – APP's, se não houver intervenção antrópica. Há de se mencionar, paralelamente ao aumento de APP's nas margens dos rios da área de estudo, o empenho do Consórcio do Ribeirão Lajeado, que desde a sua fundação, em 1992, tem priorizado a recuperação dessas áreas a montante da captação de água para o abastecimento público no município de Penápolis, evidenciando a manutenção desta classe nas nascente do curso d'água principal.

7.1.5 Mapeamento do uso e ocupação da terra em 2005

O produto desta etapa baseou-se na interpretação e classificação das imagens orbitais LANDSAT 5 TM, órbita 222, ponto 75, com data de passagem de 14 de julho de 2005, na qual foi gerado o mapa de uso e cobertura da terra na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP.

Para a elaboração do mapa temático deste ano mantiveram as mesmas classes já apresentadas nos anos anteriores – áreas urbanizadas; culturas; pastagem; florestal; solo exposto; e água, e para realizar a interpretação visual da imagem orbital do sensor LANDSAT 5 TM de 2005 utilizou-se as respectivas bandas e cores 3R, 4G e 5B, para estabelecer o realce de contraste na referida imagem. Composições coloridas utilizando os filtros R G B foram empregadas para criar imagens coloridas falsa cor e cor real. As cores na imagem sintética revelaram padrões distintos que estão relacionados com as diferentes classes de uso. Assim sendo consideraram-se as seguintes classificações para as colorações visualizadas: as colorações avermelhadas e rosadas, de textura rugosa, entenderam-se como área urbanizada; a coloração verde claro e com algumas tonalidades escuras, de textura lisa, como culturas temporárias ou permanentes; cores roxa e lilás, de textura rugosa, identificaram-se como pastagens; cores verdes escuras, de texturas rugosas, interpretaram-se como vegetação natural – florestal; as cores rosa claro e

escuro e cores esbranquiçadas, de textura lisa, como solo exposto; e, cores negras e vermelhas de textura lisa entendem-se como corpos aquáticos continentais.

A partir deste realce de contraste estabelecido nas imagens orbitais, com o auxílio do software SPRING 5.2, demonstramos na figura 31 a resposta espectral de alguns elementos que foram mapeados na bacia hidrográfica, no ano de 2005, com as respectivas bandas e cores, na qual foi montada uma chave de interpretação desses elementos.

Essas classes e chaves, apresentadas para a identificação do uso e cobertura da terra na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, foram definidas perante a ocupação da região em consonância com o Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (1999).

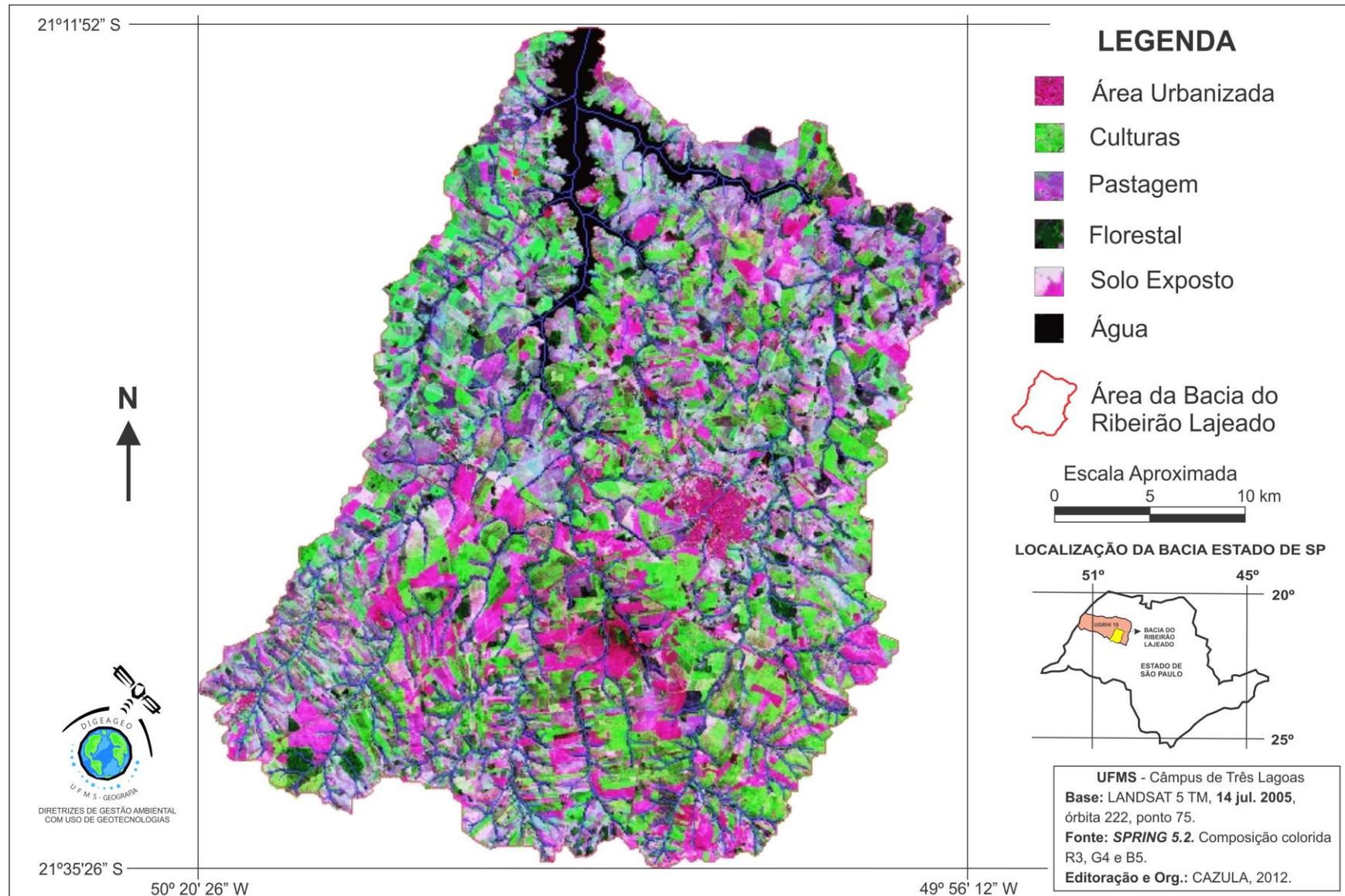


Figura 31: Imagem de classes e chaves de identificação para o uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP – 2005.

A figura 32 com o mapeamento executado no ano de 2005, a partir da classificação supervisionada, perante o módulo de segmentação, crescimento de regiões, com similaridades e áreas (pixels) 12 e 20, respectivamente, utilizando o classificador *Bhattacharya* com limiar de aceitação de 99,9%, demonstra os tipos de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, evidenciados no mapa temático apresentado a seguir. A classificação da imagem de 2005 possibilitou a definição de seis classes de uso da terra nos 1.062,6km² da área de estudo.

O mapa temático representa de forma bem detalhada a distribuição das classes existentes no ano de 2005 na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, através deste pode-se observar tendências para os tipos de usos predominantes na região. Os resultados obtidos na análise da imagem do ano 2005, demonstram nitidamente a ampliação de áreas destinadas para culturas.

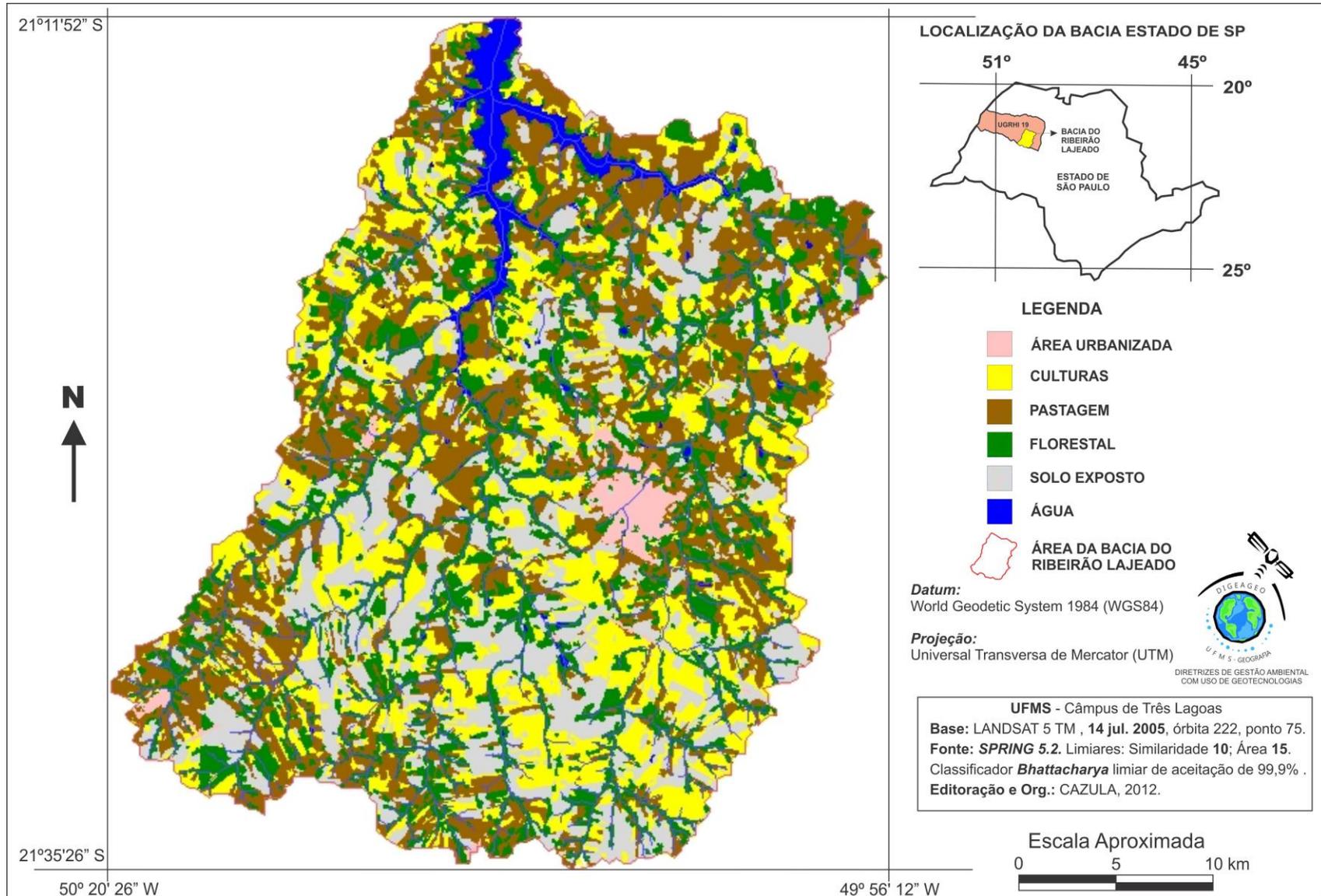


Figura 32: Mapa de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP – 2005.

Na tabela a seguir apresentamos as seis respectivas classes identificadas na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado no ano de 2005 e suas quantificações em km².

Tabela 25: Cálculo de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em 2005

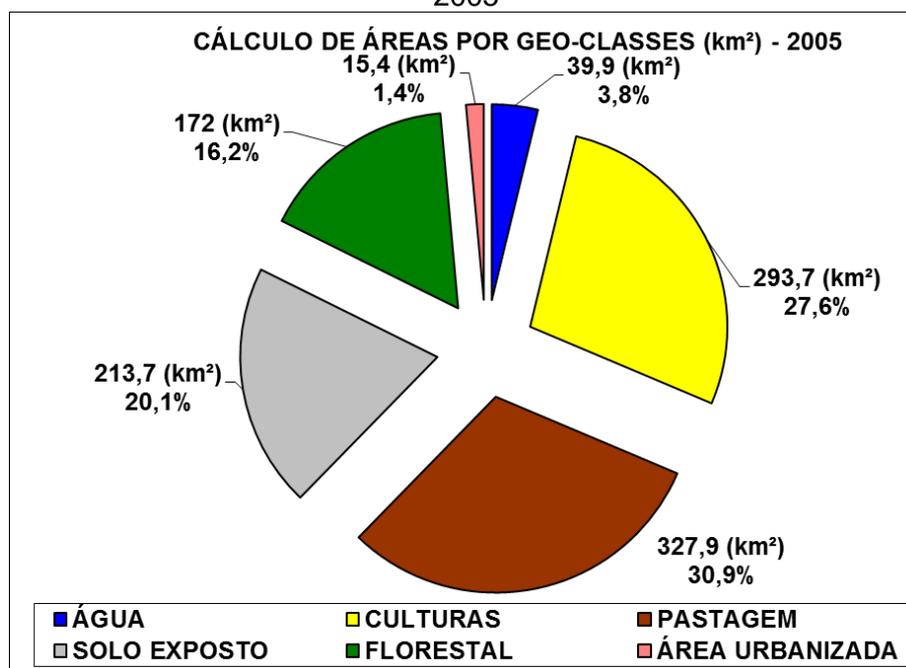
Classes	Área (km ²)	%
ÁGUA	39,9	3,8
CULTURAS	293,7	27,6
PASTAGEM	327,9	30,9
SOLO EXPOSTO	213,7	20,1
FLORESTAL	172	16,2
ÁREA URBANIZADA	15,4	1,4
Área total das classes	1062,6	100

Base: Imagem LANDSAT 5 TM, 14 jul. 2005, órbita 222, ponto 75.

Editoração: CAZULA, 2012.

As pastagens, mesmo com diminuição de sua área de ocupação, as culturas e solos exposto continuam predominantes no ano de 2005 em todos os setores da agricultura que formam a bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, seguido pela vegetação nativa – florestal (Gráfico 30). Através do mapeamento e manipulações no sistema de informações geográficas SPRING 5.2, quantificou-se as classes mapeadas, estando os respectivos valores expressos no gráfico a seguir.

Gráfico 30: Cálculo de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em 2005



Base: Imagem LANDSAT 5 TM, 14 jul. 2005, órbita 222, ponto 75.

Editoração: CAZULA, 2012.

Observamos que em 2005 a área da bacia ocupada por pastagens novamente houve uma regressão de aproximadamente 3%, com a quantificação de 30,9%, que a quantificam principalmente no baixo curso fluvial da área estudada, na qual nota-se percas de seu território para as culturas, na região de nascentes do Ribeirão Lajeado, à sudeste da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

A classe florestal – vegetação natural, com 16,2% de ocupação na área da bacia, neste ano de análise denota o menor percentual de sua quantificação na presente pesquisa. Nota-se a supressão desta classe principalmente, para este ano, no baixo curso fluvial da bacia hidrográfica, na qual ainda denotamos a sua concentração nas margens dos cursos d'água. Fica evidente a ausência de vegetação às margens da área inundada, tanto no curso d'água do Ribeirão Lajeado como do Ribeirão Bonito, bem como nota-se a regressão de áreas de reservas, inseridas nas propriedades rurais.

Para classe solo exposto, com ocupação de 20,1% no ano de 2005, novamente do mês de julho, período de safra e colheita da cultura de cana-de-açúcar, sendo que a áreas mapeadas para esta classe atingiram o valor de ocupação aproximados em relação à 2000, devido a retirada de culturas, ficando os solos expostos.

A classe cultura obteve ampla ocupação com 27,6% da área total da bacia, e neste ano apresentou um crescimento de sua cobertura sobre a área da bacia. Mesmo no período de safra, colheita, do cultivo de cana-de-açúcar, com a diminuição da ocupação de solo exposto na área estudada, houve o aumento de áreas destinadas para a agricultura no ano de 2005, fato evidente constado no baixo curso fluvial da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, explicito na região noroeste.

Somando as áreas utilizadas por culturas e as ocupações de solo exposto, (27,6% + 20,1%), teremos quase metade da área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, 47,8%, destinada para culturas permanentes e temporárias. Desta forma evidenciamos a ampliação de áreas destinadas para a monocultura de cana-de-açúcar por toda a região estudada.

Em 2005 os valores de 3,8% para classe água se devem principalmente pela área inundada na foz do Ribeirão Lajeado e Bonito, e mesmo com uma pequena redução de aproximadamente 3 km² de sua ocupação no território, comparado com o ano de 2000, esta classe mantém-se estável na área de estudo. Nota-se a ausência de alguns corpos d'água nas calhas dos rios, que não foram imageados

devido a incidência de vegetação sob a lâmina d'água, diminuindo o percentual desta classe temática.

Perante a classe área urbana, em 2005, esta manteve-se estável com o mesmo percentual de 1,4%, num crescimento de 0,7 km² de sua ocupação sobre a bacia hidrográfica. Nota-se uma pequena ampliação da malha urbana dos três municípios que se inserem na área da bacia, Penápolis com maior representatividade, e posteriormente Glicério e Braúna, municípios menores. Alto Alegre ocupa uma ínfima parcela de sua área na região sul da bacia.

Através do mapa temático do ano de 2005 concretiza-se que a bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado é uma região com intensas atividades agrícolas, sendo que novamente foi possível a visualização e a forma de distribuição das classes pela bacia hidrográfica. Desta forma permitiu-se realizar a análise espacial da área estudada, evidenciando resultados mais concretos perante a análise dos usos e coberturas da terra, proporcionando um melhor delineamento da dinâmica da paisagem.

No ano de 2005 identificou-se o aumento do padrão dominante de uso e ocupação da terra, baseado na exploração dos recursos naturais por médias e grandes propriedades rurais voltadas para plantação de culturas e criação de gado, e as monoculturas cana-de-açúcar tem grande destaque na bacia hidrográfica. Esse aumento de uso e ocupação da terra causou profundas mudanças na área estudada.

7.1.6 Mapeamento do uso e ocupação da terra em 2011

Atualmente, na área de 1.062,02 km² da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, a partir de saída de campo, e captação de imagens *in loco*, verificou-se que há o predominando o cultivo de cana-de-açúcar, e no uso da terra está concentrado também com pastagens, estes sendo responsáveis pela ocupação da maior parte do território na área de estudo, esses dois fatores influenciam diretamente a formação da paisagem. A seguir (Figuras 33 a 38) retratamos os tipos de paisagens mais encontradas na área da bacia hidrográfica, na qual os mapeamentos temáticos irão representar com mais precisão esses dados.



Figura 33: Fotos de culturas temporárias – cana-de-açúcar – bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP.

Fonte: CAZULA. Outubro 2011.



Figura 34: Fotos de pastagens da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP.

Fonte: CAZULA. Outubro 2011.



Figura 35: Fotos de solos expostos da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP.

Fonte: CAZULA. Outubro 2011.



Figura 36: Fotos de áreas de vegetação natural da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP.

Fonte: CAZULA. Outubro 2011.



Figura 37: Fotos de águas da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP.

Fonte: CAZULA. Outubro 2011.

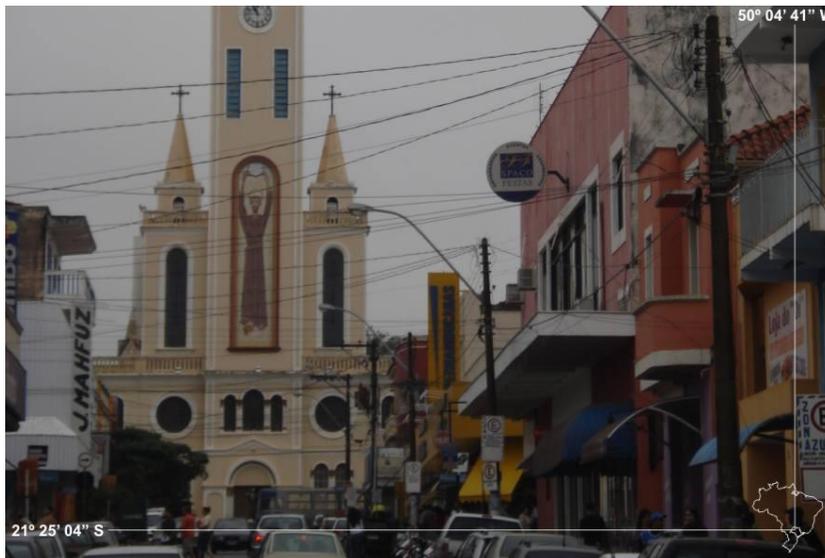


Figura 38: Fotos de áreas urbanizadas da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP.

Fonte: CAZULA. Outubro 2011.

Para a geração do o mapa de uso e cobertura da terra na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP o produto desta etapa baseou-se no processamento das imagens LANDSAT 5 TM órbita 222, ponto 75, bandas 3, 4 e 5 do ano de 2011, com data de visita ocorrida no dia 15 de julho, através de procedimentos interpretativos e de classificação das referidas imagens orbitais, na qual se considerou as respectivas colorações para as seis classes definidas no presente estudo, confirmadas nas análises *in loco*: as colorações avermelhadas e rosadas, de textura rugosa, entenderam-se como área urbanizada; a coloração verde claro e com algumas tonalidades escuras, de textura lisa, como culturas temporárias ou permanentes; cores roxa e lilás, de textura rugosa, identificaram-se como pastagens; cores verdes escuras, de texturas rugosas, interpretaram-se como vegetação natural – florestal; as cores rosa claras e esbranquiçadas, de textura lisa, como solo exposto; e, cores negras e vermelhas, de textura lisa, entendem-se como corpos aquáticos continentais.

As descrições e interpretações das classes nas imagens LANDSAT 5 TM foram baseadas na metodologia proposta por Florenzano (2007) em “Iniciação em sensoriamento remoto” por meio da chave de interpretação e posteriormente foram processados em ambiente de SIG, na qual demonstramos na figura 39 a resposta espectral de alguns elementos que foram mapeados na bacia hidrográfica, na qual foi montada uma chave de interpretação desses elementos.

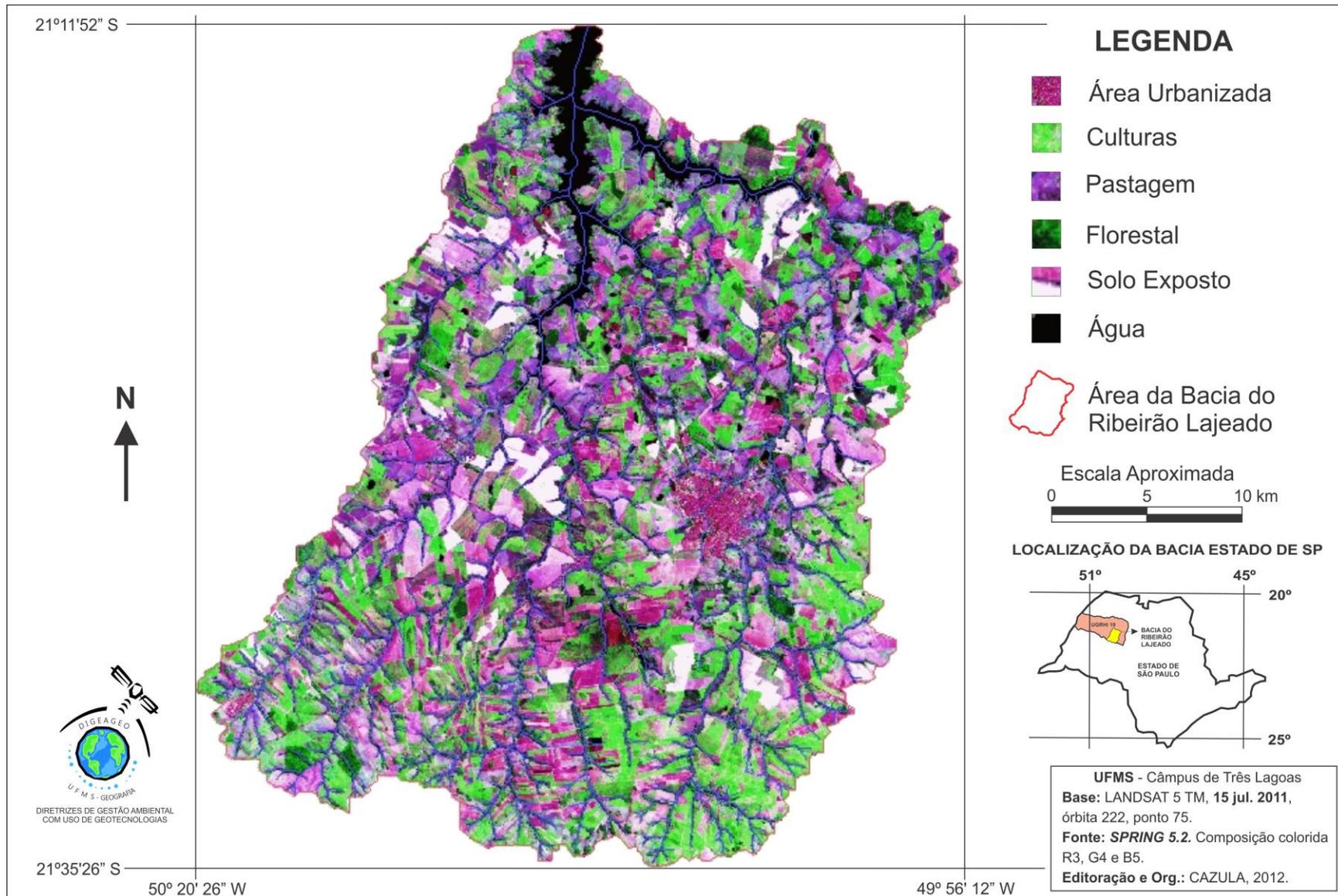


Figura 39: Imagem de classes e chaves de identificação para o uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP – 2011.

As classes e chaves apresentadas para a identificação do uso e cobertura da terra na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado foram definidas perante a ocupação da região em consonância com o Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (1999). O mapeamento (Figura 40) demonstra os tipos de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado no ano de 2011.

O processamento digital das imagens baseou-se no georreferenciamento, utilizando o Datum WGS 84. E seguindo as etapas previstas no método desta pesquisa aplicou-se uma classificação supervisionada através do classificador *bhattacharya*, buscando diferenciar os diversos tipos de uso da terra existentes na área de estudo, e por último foi gerado mapa temático através da interpretação das chaves e classes apresentadas na imagem realçada.

O mapa temático acima representa de forma bem detalhada a distribuição das classes existentes no ano de 2011 na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, através deste pode-se observar tendências para os tipos de usos predominantes na região. Os dados temáticos foram quantificados e a partir disso foi feita a análise estatística. Os resultados obtidos na análise da imagem do ano 2011, demonstram a ampliação de áreas destinadas para culturas.

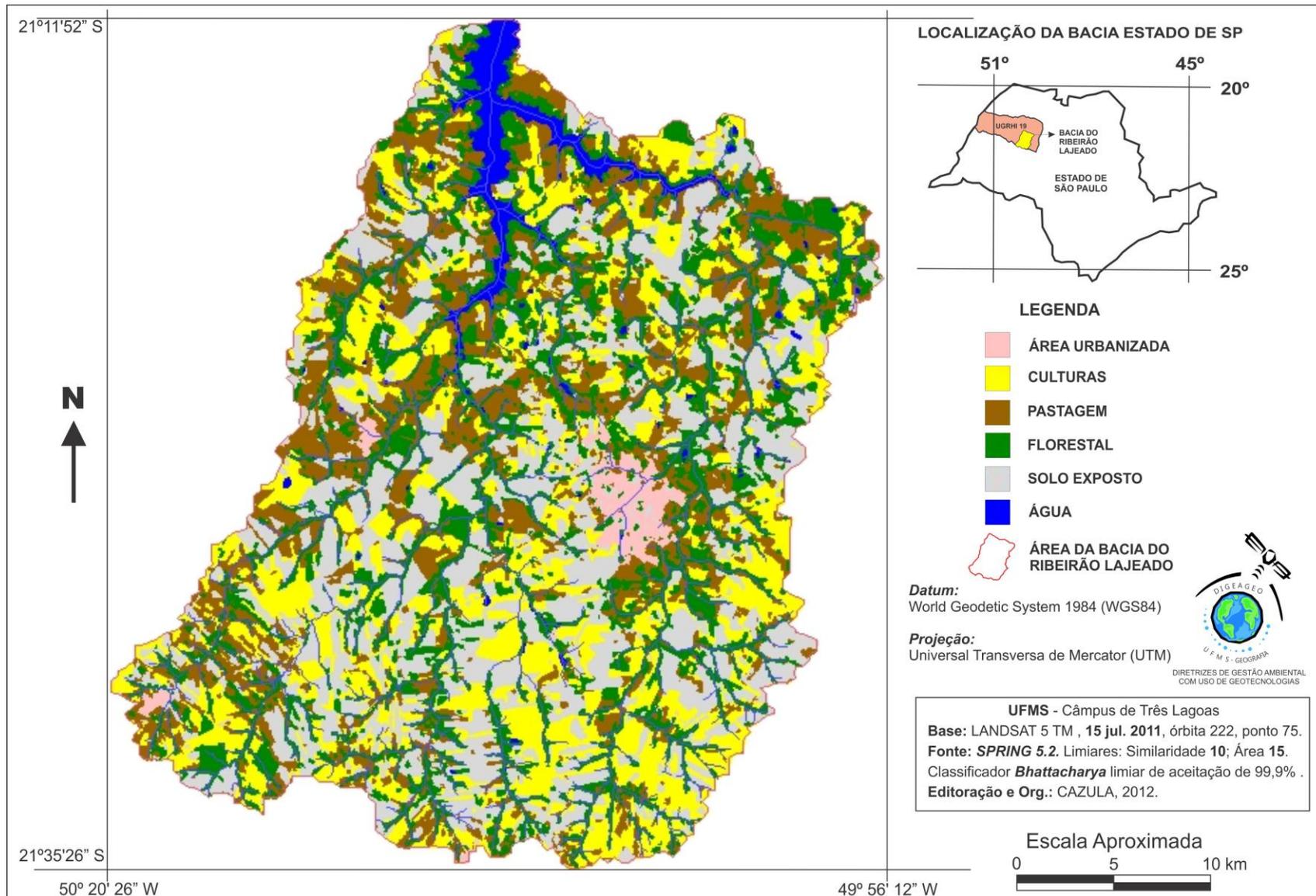


Figura 40: Mapa de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – SP – 2011.

Na tabela a seguir apresentamos as respectivas classes identificadas na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado no ano de 2011 e suas quantificações em km².

Em 2011, de acordo com o mapa de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica predominam áreas com culturas temporárias (29,4%), solo exposto (24,7%) e pastagens (22,8%). A classe vegetação natural ocupa 17,7% da área da bacia hidrográfica e a água ocupa 3,7%, principalmente devido à área de inundação na bacia hidrográfica, sob influência da usina hidrelétrica Três Irmãos da cidade de Buritama/SP no rio Tietê. E por fim temos as áreas urbanizadas que ocupam 1,7% do território da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado (Tabela 26). Cabe ressaltar que foi observada na área de estudo a presença de muitas represas, açudes e lagos, verificadas nas imagens de satélite bem como em saídas de campo.

Tabela 26: Cálculo de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em 2011

Classes	Área (km²)	%
ÁGUA	38,8	3,7
CULTURAS	312,1	29,4
PASTAGEM	243,1	22,8
SOLO EXPOSTO	263	24,7
FLORESTAL	187,8	17,7
ÁREA URBANIZADA	18	1,7
Área total das classes	1062,8	100

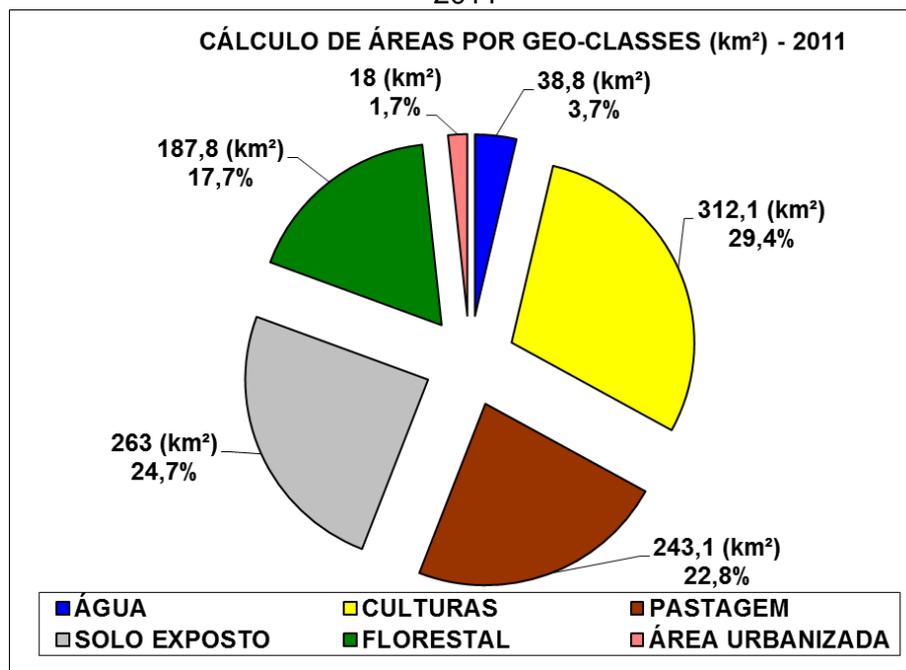
Base: Imagem LANDSAT 5 TM, 15 jul. 2011, órbita 222, ponto 75.

Editoração: CAZULA, 2012.

As pastagens, culturas temporárias e solos expostos predominam em todos os setores da agricultura que formam a bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado. Por meio da quantificação dos dados estatísticos, através das informações geográficas SPRING 5.2 elaborou-se um gráfico, para auxiliar compreensão da diferença de classes do mapa de uso e ocupação da terra.

No gráfico 31 observa-se a distribuição das classes presentes no território e que compõem a área da bacia hidrográfica. Com base na análise dos cálculos de áreas por Geo-classes (km²), observaram-se além de um processo de fragmentação da paisagem como um todo, que mudanças estão ocorrendo com relação ao uso e ocupação da terra e que algumas das classes também estão se fragmentando conforme observado na imagem, como por exemplo, a vegetação natural e a pastagem.

Gráfico 31: Cálculo de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em 2011



Base: Imagem LANDSAT 5 TM, 15 jul. 2011, órbita 222, ponto 75.

Editoração: CAZULA, 2012.

No ano de 2011 visualizamos que a área da bacia destinada para o uso de pastagens houve uma regressão de aproximadamente 8%, considerando o percentual de sua ocupação em 22,8%, numa diminuição mais acentuada num período de seis anos, comparando-se com os dados obtidos no ano anteriormente analisado, 2005, houve a perda de 84,8 km² desta classe. Nota-se que a presença de áreas destinadas para pastagens ficaram restritas às proximidades das áreas urbanas dos municípios inseridos na área da bacia, e com ocupações mais extensas no baixo curso fluvial da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

Com 29,4% a classe cultura apresenta uma vasta ocupação da área total da bacia, e que neste ano apresentou novamente um crescimento de sua cobertura sobre a área da bacia, pois ainda no período de safra, colheita, do cultivo de cana-de-açúcar, contou com o aumento da ocupação de solo exposto na área estudada. Fica evidente a ampliação de áreas destinadas para a agricultura no ano de 2011, fator constatado nas saídas de campo e com a apresentação do mapa temático georreferenciado da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

Desta forma a classe solo exposto ocupa 24,7% da área estudada no ano de 2011, sendo que a áreas mapeadas para esta classe atingiram ocupações maiores que o ano de 2005. Mesmo com a retirada de culturas no período analisado esta

obteve mais áreas destinadas para o plantio, bem como as áreas de solos expostos obtiveram ampliação de sua ocupação.

Se somarmos as áreas utilizadas por culturas e as ocupações de solo exposto, (29,4% + 24,7%), vamos obter mais da metade da área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, ou seja, 54,1,% de sua área é destinada para culturas permanentes e temporárias. Assim sendo evidenciamos a ampliação de áreas destinadas para a monocultura de cana-de-açúcar por toda a região estudada.

A classe vegetação natural – florestal, manteve-se estável no ano de 2011 comparando-se com 2005, com pequeno aumento de 16,2% para 17,7% de sua área de ocupação. De acordo com as determinações do Código Florestal são áreas de vegetação natural as que podem ser classificadas como de preservação permanente, localizando-se nas margens dos rios, em áreas de reservas legais ou em locais em que foram preservadas em propriedades rurais. Com a ocupação de 17,7% na área da bacia, a classe florestal – vegetação natural, denota-se sua concentração nas margens dos cursos d'água, bem como recobrando pequenas áreas de propriedades rurais, distribuídas por toda a área estudada. Observa-se a extensão da vegetação arbórea na bacia hidrográfica, incluindo floresta plantada, regeneração e floresta nativa. As áreas de cobertura florestal são menores do que seria necessário para a manutenção da qualidade ambiental da bacia hidrográfica, pois, considerando a necessidade de manter, no estado de São Paulo, uma área mínima de 20% da propriedade com cobertura florestal a título de reserva legal, uma análise geral da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em relação a esta obrigatoriedade pode ser efetivada, já que no mapeamento observou que apenas 17,7% da sua área é composta por vegetação natural. Isso se for considerada apenas a área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado como um todo, desconsiderando os cálculos de vegetação natural das propriedades rurais, que podem variar de um estabelecimento para outro. Ainda devemos nos atentar à cobertura florestal presente nas margens dos rios, ou seja, a mata ciliar ou ripária, que não devem ser consideradas no percentual de 20% do território de cada propriedade, exigidos por lei.

Os valores de 3,7% para classe água se devem principalmente pela área inundada na foz do Ribeirão Lajeado e Bonito, e neste ano de 2011 manteve-se estável sua ocupação na área da bacia, comparando com o ano de 2005. Além da área inundada, verificou-se durante o processo de mapeamento e saídas de campo que há várias represas ao longo dos cursos d'água, bem como de açudes e lagos,

verificadas nas imagens de satélite, que fazem oscilar o quantitativo desta classe devido a incidência de vegetação sobre esses corpos d'água lânticos, que podem ser mapeados como a classe florestal ao depender da cobertura da lamina d'água.

Perante a classe área urbana, em 2011, esta obteve-se com um significativo aumento de sua ocupação sobre a bacia hidrográfica, atingindo o percentual de 1,7%, num crescimento de 2,6 km². Nota-se a ampliação da malha urbana dos quatro municípios que se inserem na área da bacia, Penápolis com maior representatividade, e posteriormente Alto Alegre, Glicério e Braúna, municípios menores. Ressaltamos que em na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, as áreas urbanas de Penápolis, Braúna e Glicério estão totalmente inseridas em seu território. Alto Alegre localiza-se no divisor d'água da área de estudo com a bacia hidrográfica do Rio do Peixe ou Aguapeí, na região sul da bacia, e tem apenas uma pequena parte de sua área urbana na área da bacia. Apenas a área urbana de Barbosa, de todos os municípios que compõem a bacia hidrográfica, esta fora da área de estudo.

Com mapa temático do ano de 2011 e as quantificações estatísticas das classes concretiza-se uma estimativa atual de que a bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado é uma região com intensas atividades agrícolas, sendo que foi possível a visualização e a forma de distribuição das classes pela bacia hidrográfica. Desta forma permitiu-se realizar a análise espacial da área estudada, evidenciando resultados mais concretos perante a análise dos usos e coberturas da terra, proporcionando um melhor delineamento da dinâmica da paisagem.

A partir da análise do uso e ocupação da terra no ano de 2011 notamos e identificamos as classes dominantes na área estudada, que neste caso estão voltadas para plantação de culturas – solos expostos e criação de gado, padrões dominantes, baseado na exploração dos recursos naturais por médias e grandes propriedades rurais, e as monoculturas cana-de-açúcar prevalecem o uso da terra da bacia hidrográfica.

7.2. ANÁLISE DA DINÂMICA MULTITEMPORAL POR CLASSES TEMÁTICAS DE USOS DA TERRA

Nesta etapa da pesquisa apresentaremos uma análise multitemporal das classes de usos da terra que obtiveram maior dinâmica de suas respectivas ocupações na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

Primeiramente, foram comparados os mapeamentos resultantes da classificação do uso da terra das imagens orbitais utilizadas, anteriormente apresentadas, dos anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e 2011.

Os resultados gerados foram tabelados, definindo-se a área (em km²) de variação de cada classe de uso e ocupação da terra, quantificada em cada ano, na qual apresentamos os resultados em gráficos, para melhor compreender o processo de dinâmica da paisagem.

Abaixo apresentamos, na tabela 27, os resultados de todas as quantificações obtidas, nos anos analisados nesta pesquisa, das seis classes evidenciadas na área de estudo, em km².

Tabela 27: Análise multitemporal de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado de 1985 a 2011

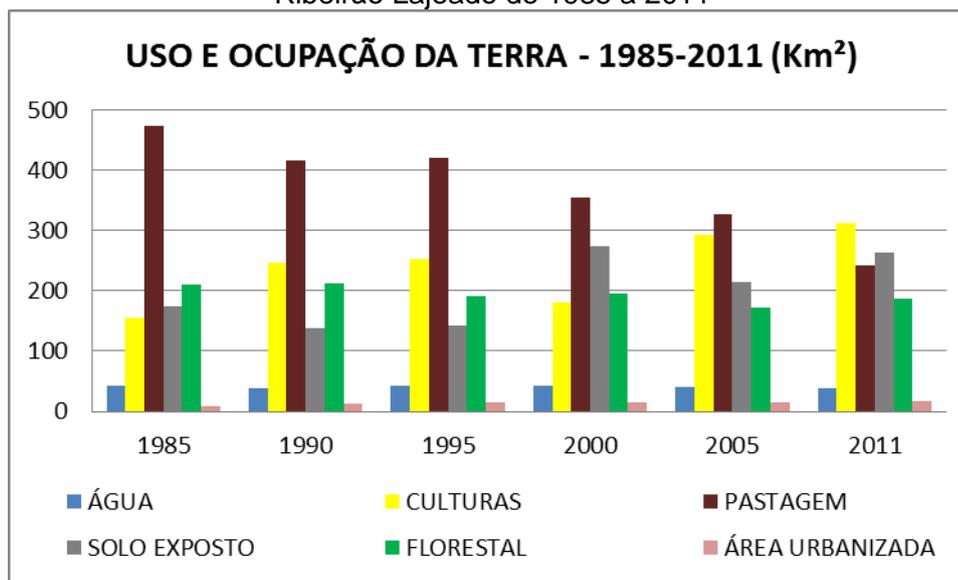
	1985	1990	1995	2000	2005	2011
Classes	Área (Km²)					
ÁGUA	42,4	37,7	41,8	43,4	39,9	38,8
CULTURAS	155,3	245,6	251,8	180	293,7	312,1
PASTAGEM	473,5	416,3	421,1	354,6	327,9	243,1
SOLO EXPOSTO	173,7	138,6	143,1	274,5	213,7	263
FLORESTAL	209,9	212	190,8	195	172	187,8
ÁREA URBANIZADA	8	12,5	14,3	14,7	15,4	18
Área total das classes	1062,8	1062,7	1062,9	1062,2	1062,6	1062,8

Base: Imagem LANDSAT 5 TM, 1985-2011, órbita 222, ponto 75.

Editoração: CAZULA, 2012.

No gráfico 32, apresentado a seguir, ilustramos a dinâmica de uso e ocupação da terra para cada classe identificadas na região estudada no período de 1985 à 2011, utilizando especificamente os anos supracitados nesta pesquisa. Notamos a permanente variação das áreas ocupadas, em km², seja no aumento ou na diminuição dos quantitativos de uso da terra.

Gráfico 32: Análise multitemporal de áreas por geo-classes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado de 1985 a 2011



Base: Imagem LANDSAT 5 TM, 1985-2011, órbita 222, ponto 75.

Editoração: CAZULA, 2012.

Durante este período na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado houve uma intensa transformação do setor agrícola, devido às reformas e mudanças institucionais da economia brasileira, provenientes dos incentivos para alguns tipos de culturas, em específico para as ações estratégicas do cultivo de cana-de-açúcar, conforme relatamos no capítulo 6 desta pesquisa. Notamos que as ações antrópicas realizadas área de estudo foram de vital importância para as transformações espaciais dos usos da terra na Região como um todo.

7.2.1 Análise da dinâmica multitemporal de culturas e solo exposto

Devido o expressivo potencial da região em abrigar atividades de cunho agrícola fez com que o houvesse um significativo aumento de uso e ocupação da terra, na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, para a classe culturas, com nítidas mudanças de atividades agropastoris, evidenciando a dinamicidade das alterações ambientais provocadas pelo uso da terra.

Com já relatado, às áreas de solo exposto, quantificadas no mapeamento temático desta pesquisa, são consideradas como áreas destinadas para a classe culturas, pois estas apresentaram uma disposição poligonal no formato de suas parcelas, o que indica que este padrão corresponde a áreas de preparo para o cultivo, ou seja, formato de áreas agrícolas.

Apresentamos na tabela a seguir a dinâmica crescente de áreas destinadas para a agricultura, dentre as classes mapeadas como culturas e solo exposto, manipuladas no sistema de informações geográficas SPRING 5.2.

Tabela 28: Análise multitemporal de áreas de culturas e solo exposto na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado de 1985 a 2011

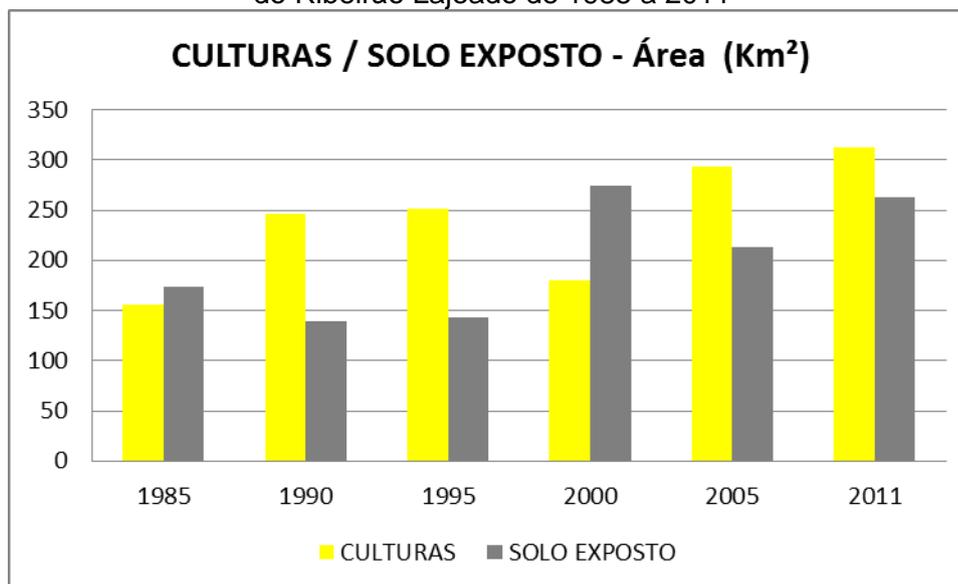
	1985	1990	1995	2000	2005	2011
Classes	Área (Km ²)					
CULTURAS	155,3	245,6	251,8	180	293,7	312,1
SOLO EXPOSTO	173,7	138,6	143,1	274,5	213,7	263
Área total das classes	329	384,2	394,9	454,5	507,4	575,1

Base: Imagem LANDSAT 5 TM, 1985-2011, órbita 222, ponto 75.

Editoração: CAZULA, 2012.

Com a tabulação das quantificações das áreas destinadas para agricultura, observamos na bacia um grande aumento da área cultivada. No gráfico a seguir demonstramos as duas classes, cultura e solo exposto, e sua crescente expansão de áreas de usos agrícolas a área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

Gráfico 33: Análise multitemporal de áreas de culturas e solo exposto na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado de 1985 a 2011



Base: Imagem LANDSAT 5 TM, 1985-2011, órbita 222, ponto 75.

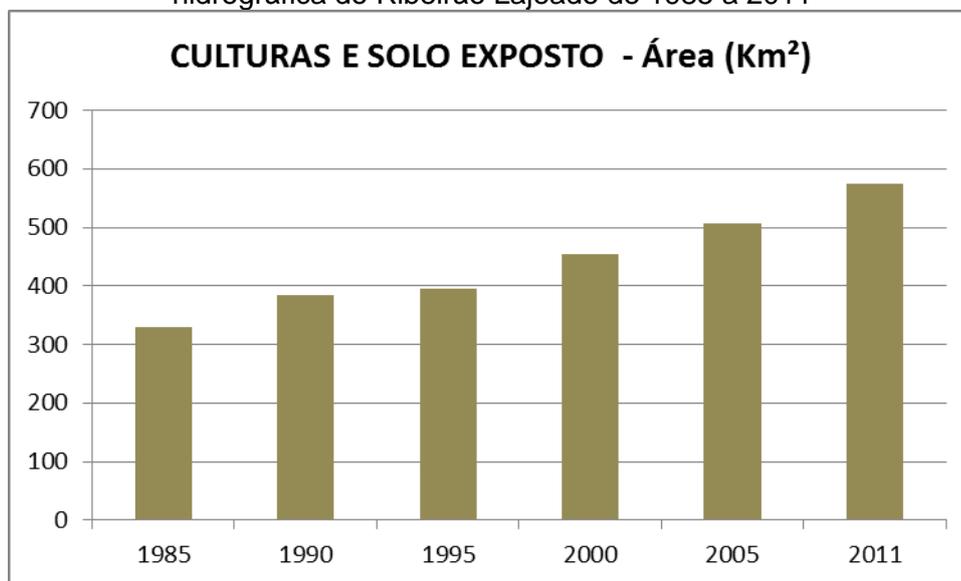
Editoração: CAZULA, 2012.

Salientamos que essas classes, culturas e solo exposto, são identificadas como áreas de atividade agrícola. Eventualmente, as áreas que foram cultivadas em consecutivos anos podem entrar em descanso por um período, no caso de uma safra, evidenciando o solo exposto, sendo estas áreas computadas como de uso de atividades agrícolas, ou se por ventura, devido a data de visita do satélite LANDSAT

5 TM, algumas regiões da área analisada, já havia ocorrido a colheita no respectivo ano pesquisado.

Desta forma apresentamos no gráfico a seguir a soma dos valores destas classes, com suas respectivas ocupações, em km², na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

Gráfico 34: Análise multitemporal de áreas de agricultura (cultura + solo exposto) na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado de 1985 a 2011



Base: Imagem LANDSAT 5 TM, 1985-2011, órbita 222, ponto 75.

Editoração: CAZULA, 2012.

A dinâmica da evolução do uso da terra com culturas e solo exposto pode ser observada no gráfico 34 que apresenta uma série temporal proveniente da classificação das imagens LANDSAT 5 TM, que demonstra um acréscimo de 74,8% de áreas destinadas para essas classes, num período de vinte e seis anos.

A partir desta análise quantitativa multitemporal, observamos na figura 41, o crescente aumento de áreas destinadas para a agricultura, no uso do espaço da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado para culturas e solo exposto, numa imagem que demonstra os seis anos, entre 1985 a 2011, com apenas essas classes evidenciadas.

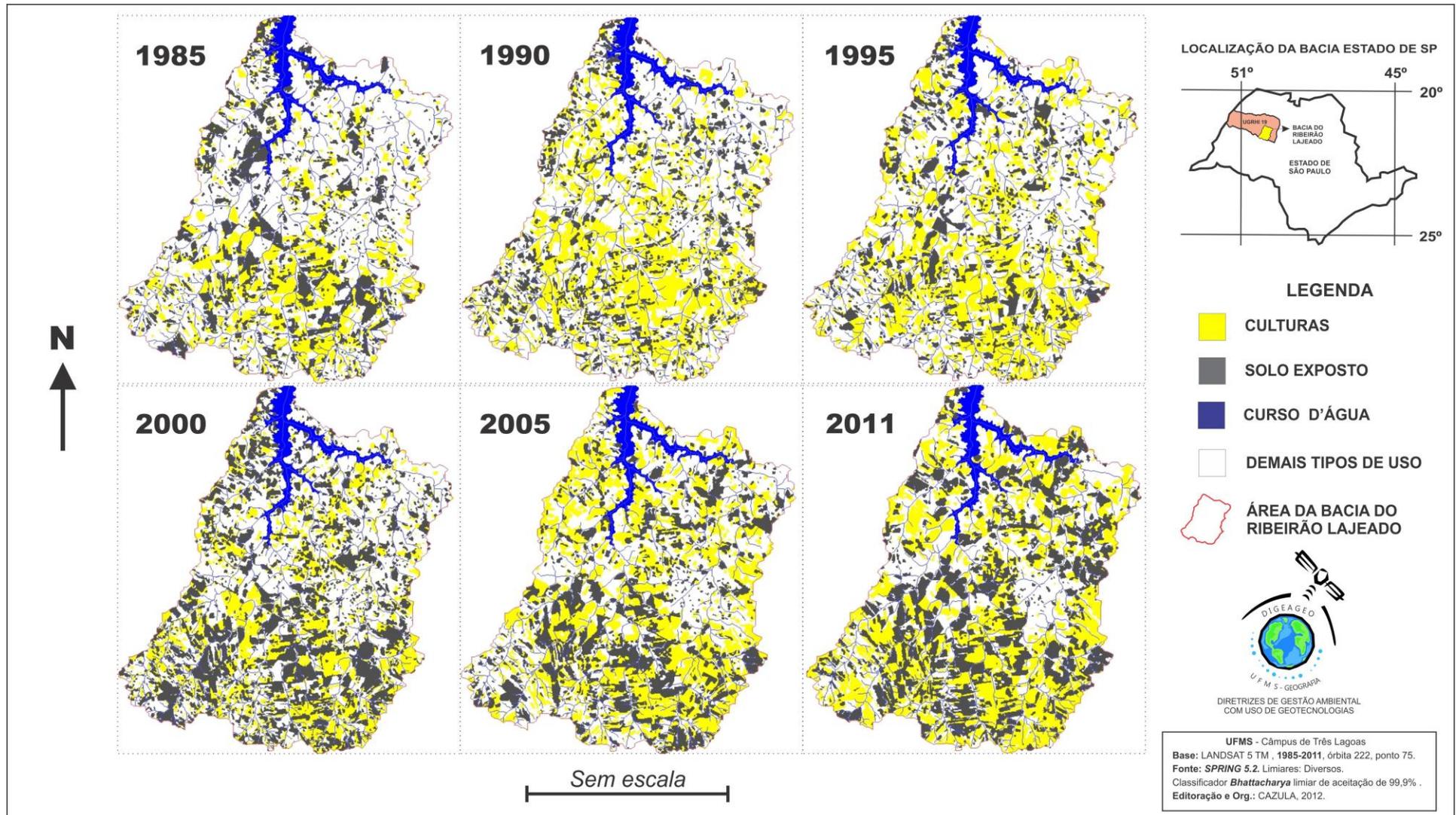


Figura 41: Análise da dinâmica multitemporal de uso e ocupação da terra de áreas de agricultura (cultura + solo exposto) na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – 1985-2011.

Diante da análise do mapa de uso e ocupação da terra por culturas e solo exposto se observa a evolução de áreas utilizadas para a agricultura no período estipulado, sendo que notamos um elevado grau de alteração, devido a dinâmica econômica da região, marcada pelas atividades agrícolas. Nas décadas de 1980 e 1990, predominava na região a pecuária, porém na atualidade houve a supressão de áreas de pastagens para o plantio e a inserção de grandes cultivos de cana-de-açúcar, informações estas confirmadas a partir dos dados censitários extraídos do banco de dados do SIDRA – Sistema IBGE de recuperação automática, apresentados no capítulo anterior, e confirmados nesta etapa da pesquisa.

Como consequência, dessa dinâmica de intensa alteração na cobertura vegetal, evidencia os conflitos entre os usos da terra e a preservação ambiental na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado. Esse quadro torna imperativa a realização de estudos que auxiliem no ordenamento territorial, visando o uso sustentável dos recursos hídricos, tanto para os seus usos consuntivos como não-consuntivos.

Com a intersecção multitemporal entre os mapas elaborados e a classificação do uso da terra com culturas e solo exposto, identificamos os padrões de ocupação da bacia, na qual essas classes puderam ser analisadas de forma interpretativa perante as suas evoluções na área estudada, compondo a ampliação de áreas destinadas para a agricultura na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

7.2.2 Análise da dinâmica multitemporal de pastagens

Para melhor entendimento da situação da classe pastagem, que podemos notar a diminuição de suas áreas na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, com claras mudanças de atividades pecuárias, provocando a dinamicidade de usos da terra, e consecutivamente as alterações ambientais.

Na área de estudo, nas décadas de 1980 e 1990, uma das principais atividades econômicas era a pecuária extensiva, onde se destacava a produção de rebanho bovino. A pecuária extensiva se manteve por tradição a existência de pastagens naturais adequadas para o desenvolvimento desta atividade. Esta realidade foi constatada observando os efetivos de rebanhos gerados a partir dos dados do IBGE – Banco de dados agregados, apresentado no capítulo anterior desta pesquisa, onde observamos a partir de dados estatísticos a significativa quantidade de rebanho bovino nos municípios que compõem a bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

Contudo este tipo de atividade teve a supressão de suas áreas, observada nos mapas temáticos apresentados, bem como nos dados estatísticos extraídos junto ao IBGE.

Na tabela a seguir Apresentamos a dinâmica decrescente de áreas destinadas para a pecuária, perante as classes mapeadas como pastagens, manipuladas no sistema de informações geográficas SPRING 5.2.

Tabela 29: Análise multitemporal de áreas de pastagens na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado de 1985 a 2011

	1985	1990	1995	2000	2005	2011
Classes	Área (Km ²)					
PASTAGEM	473,5	416,3	421,1	354,6	327,9	243,1

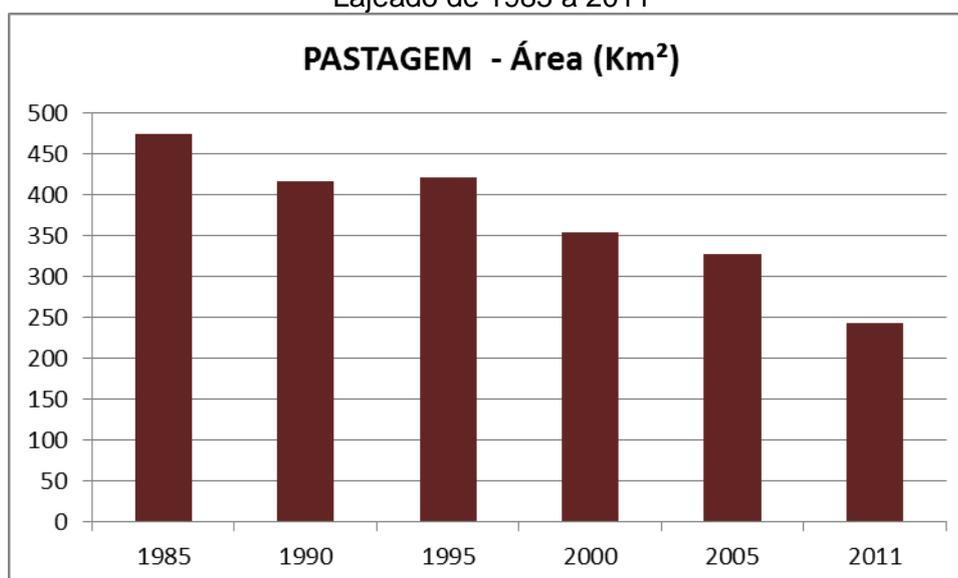
Base: Imagem LANDSAT 5 TM, 1985-2011, órbita 222, ponto 75.

Editoração: CAZULA, 2012.

Verificamos na tabela apresentada, de análise multitemporal de áreas de pastagens na bacia, a diminuição das áreas destinadas para pastagem.

Para termos um panorama da supressão de áreas destinadas para pastagens no período de 1985 à 2011, apresentamos no gráfico em colunas, abaixo, a classe pastagem e sua decrescente expansão de áreas de usos pecuários na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, que apresenta uma série temporal proveniente da classificação das imagens LANDSAT 5 TM.

Gráfico 35: Análise multitemporal de áreas de pastagens na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado de 1985 a 2011



Base: Imagem LANDSAT 5 TM, 1985-2011, órbita 222, ponto 75.

Editoração: CAZULA, 2012.

Analisando a variação em km² de ocupação da área pela classe pastagem, verifica-se um decréscimo de 48,65 % de áreas destinadas para a pecuária na bacia

hidrográfica do Ribeirão Lajeado, o que possivelmente ocorreu devido a expansão da monocultura de cana-de-açúcar, atividade agrícola evidente na região oeste paulista, e comprovada nos mapeamentos efetuados anteriormente nesta pesquisa.

Apresentamos na figura 42, com esta análise quantitativa multitemporal, o declínio de áreas destinadas para a classe de pastagens, no uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, numa imagem que demonstra os seis anos analisados, no período de 1985 a 2011, evidenciando apenas esse tipo de classe.

Na análise do mapa de uso e ocupação da terra por pastagens se observa a diminuição de áreas utilizadas para pecuária no período estudado, sendo que notamos um que essas alterações ocorreram principalmente devido ao aumento da classe culturas-solo exposto, confirmadas nesta etapa da pesquisa. Estas informações também são sancionadas a partir dos dados censitários extraídos do banco de dados do SIDRA – Sistema IBGE de recuperação automática, apresentados no capítulo anterior.

Conforme mensuração da classe de pastagem, no uso e ocupação da terra para os anos supracitados (Figura 42), verifica-se notoriamente a diminuição de áreas destinadas para a pecuária na bacia hidrográfica, sendo que a classe pastagem, com maior ocupação em 1985, com 473,5 km², ou seja, 44,6% de ocupação na área da bacia, perde o cenário predominante para culturas-solo exposto no ano de 2011, sendo que esta segunda apresenta atualmente uma ocupação de aproximadamente 575,1km², ou seja, 54,1% da área da bacia.

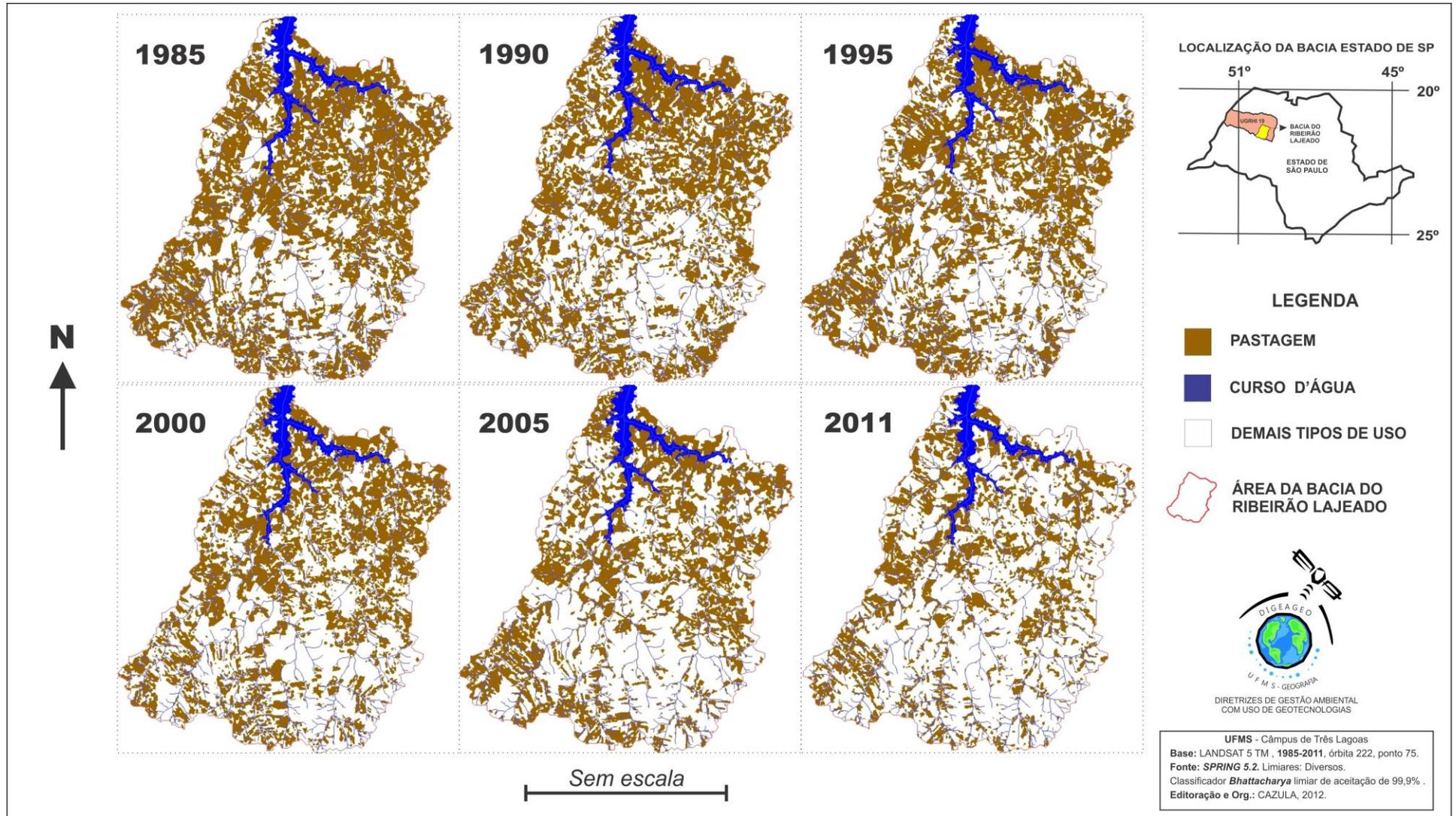


Figura 42: Análise da dinâmica multitemporal de uso e ocupação da terra de áreas de pastagens na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – 1985-2011.

7.2.3 Análise da dinâmica multitemporal de vegetação natural

Com análise dos mapas temáticos produzidos, a partir das imagens de satélite LANDSAT TM 5, constatou-se que houve alterações significativas na classe vegetação natural, seja nas matas ciliares, ao longo dos cursos d'água, ou em áreas de reservas nas propriedades rurais, inseridas na bacia do Ribeirão Lajeado. Este fato comprova que o espaço geográfico da região sofreu forte influência da ação antrópica, justificando a baixa cobertura vegetal nas margens da área inundada pelo reservatório localizado no município de Buritama/SP, bem como devido a expansão das áreas destinadas para usos agrícolas.

Apresentamos na tabela a seguir a dinâmica da classe florestal, que por ventura manteve-se aparentemente estável em níveis percentuais, mas que obteve consideráveis alterações de sua ocupação no cenário ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado de áreas destinadas para a vegetação, dentre as classes mapeadas, manipuladas no sistema de informações geográficas SPRING 5.2.

Tabela 30: Análise multitemporal de áreas de vegetação natural na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado de 1985 a 2011

	1985	1990	1995	2000	2005	2011
Classes	Área (Km ²)					
FLORESTAL	209,9	212	190,8	195	172	187,8

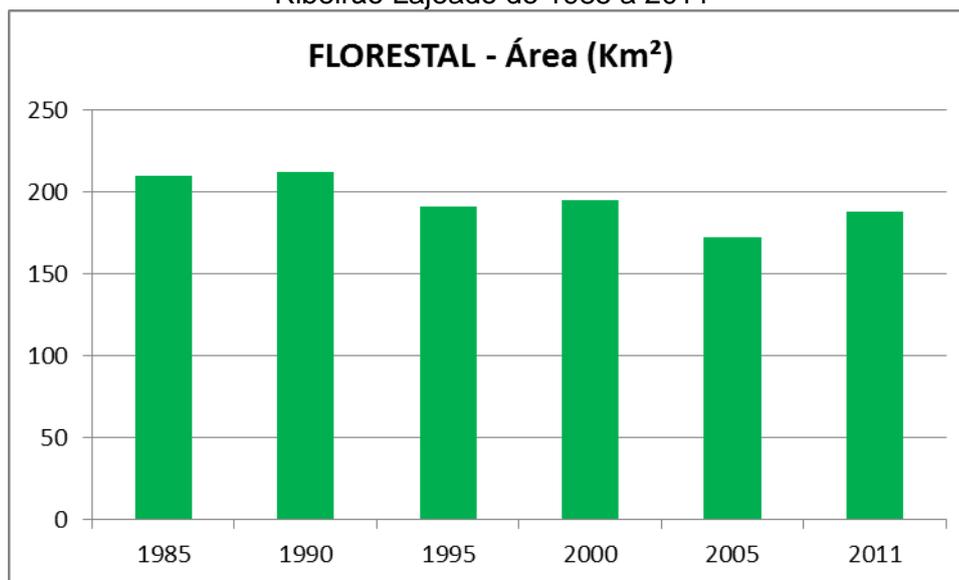
Base: Imagem LANDSAT 5 TM, 1985-2011, órbita 222, ponto 75.

Editoração: CAZULA, 2012.

Através da tabulação e quantificações das áreas destinadas para vegetação, observamos a redução desta classe durante o período estudado, 1985 à 2011, evidenciando na área da bacia a supressão de parte da vegetação natural para serem destinadas a agricultura, sendo que nos anos de 1995 e 2005 foi constatado períodos com menores índices de áreas ocupadas pela classe florestal, havendo recomposição de partes de sua devida ocupação nos anos subsequentes, principalmente em matas ciliares.

No gráfico em colunas, exibido a seguir, demonstramos a dinâmica e oscilações de quantificações da classe florestal na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, que apresenta uma série temporal proveniente da classificação das imagens LANDSAT 5 TM.

Gráfico 36: Análise multitemporal de áreas de vegetação natural na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado de 1985 a 2011



Base: Imagem LANDSAT 5 TM, 1985-2011, órbita 222, ponto 75.

Editoração: CAZULA, 2012.

Perante a análise multitemporal constata-se que a classe florestal obteve uma redução de 11,42% da área ocupada por vegetação natural, comparando o ano de 1990 (212 km²) que obteve maior índice percentual em ocupação nos anos analisados, com a atualidade no ano de 2011 (187,8 km²), demonstrados na tabela 30.

Sabemos que a vegetação natural é essencial para o controle de erosões e enchentes, além de serem fundamentais para contribuir com a recarga do lençol freático, o que ainda de fato é indispensável para atender a demanda hídrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.

De forma quantitativa podemos afirmar que a supressão de parte da vegetação nativa está sendo substituída pela agricultura. Em virtude do avanço da monocultura da cana-de-açúcar a classe florestal e pastagens obtiveram uma queda em termos percentuais.

Apresentamos na figura 43 uma visualização da dinâmica multitemporal da classe florestal entre 1985 a 2011, na qual podemos considerar, a partir da análise quantitativa, a alteração de partes da vegetação natural na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado para culturas e solo exposto.

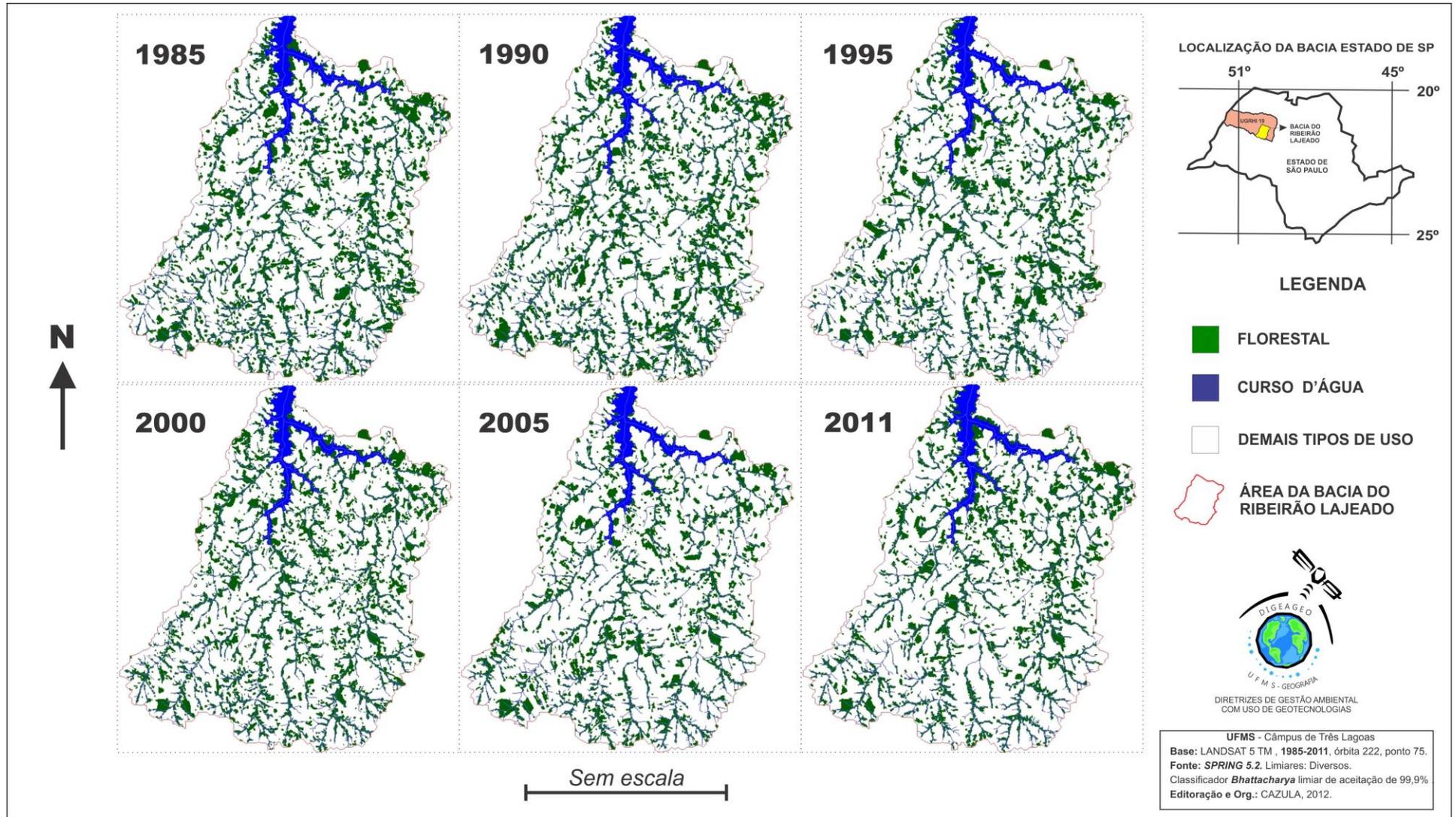


Figura 43: Análise da dinâmica multitemporal de uso e ocupação da terra de áreas de vegetação natural na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – 1985-2011.

A redução da área de remanescentes florestais verificada neste estudo, também esta associada a inundação do baixo curso fluvial do Ribeirão Lajeado e Ribeirão Bonito, e ainda em alguns de seus afluentes localizados nas menores cotas altimétricas da área da bacia, perante a construção da UHE – Salto do Avanhandava. A recomposição de matas ciliares nas margens de cursos d'água, inundados pelos reservatórios das usinas hidrelétricas, seria importante para amenizar o efeito do desmatamento, contribuindo na redução do assoreamento dos corpos d'água e erosões na região.

A dinâmica e distribuição espacial da vegetação natural na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado pode ser visualizada na figura 42. Observa-se que atualmente a ocupação da vegetação nativa na bacia hidrográfica, representa o índice de 17,7% da área da bacia em 2011, incluindo floresta plantada, regeneração e floresta nativa. As áreas de cobertura florestal são menores do que seria necessário para a manutenção da qualidade ambiental da bacia hidrográfica. Considerando que as Áreas de Preservação Permanente (APPs) devem cumprir com as funções ambientais determinadas pelo Código Florestal, algumas áreas rurais não estão adequadas, principalmente por não cumprir com a determinação de preservar os recursos hídricos. Ressalta-se que as APPs devem ser preservadas, sendo que estas podem estar cobertas ou não por vegetação natural, desde que esteja presente a função ambiental para a qual foram estabelecidas. Assim, se dentre as funções destas áreas estão a de preservar os recursos hídricos, a biodiversidade e a proteção do solo, pode-se considerar que após o advento do código florestal, as APPs não podem ser desmatadas sem as devidas autorizações, devem ser abandonadas para a regeneração natural e não deveriam ser utilizadas com determinados cultivos, os quais principalmente quando mal manejados, proporcionam um aumento no risco de erosão, contribuindo para o assoreamento dos corpos d'água.

A supressão da vegetação em APPs somente pode ser autorizada em caso de utilidade pública ou de interesse social, quando inexistir alternativa técnica e locacional do empreendimento e ou agricultura proposta (Art. 4.º do Código Florestal). De acordo com a Medida Provisória 2.166/67 de 2001, as atividades imprescindíveis à proteção da integridade da vegetação nativa e as atividades de manejo agroflorestal sustentável praticadas na pequena propriedade, que não descaracterizem a cobertura vegetal e não prejudiquem a função ambiental da área, são consideradas de interesse social.

As áreas de preservação permanente não podem ser exploradas, cultivadas, sendo que é necessária uma autorização do órgão ambiental público competente para fazer qualquer atividade nas mesmas, sendo esta fornecida apenas em alguns casos especificados na lei. Assim apesar da possibilidade da existência de algumas autorizações para determinadas situações, previstas pela lei, diante do elevado percentual de alguns usos de APPs, como exemplo de áreas de pastagens e da cultura da cana-de-açúcar que confluem até as margens dos corpos d'água, na qual pode se afirmar o uso inadequado da terra e o descumprimento à legislação ambiental.

Considerando a necessidade de manter, no estado de São Paulo, uma área mínima de 20% da propriedade com cobertura florestal a título de reserva legal, uma análise geral da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado em relação a esta obrigatoriedade pode ser efetivada, já que no mapeamento atual observou-se que 17,7% do seu território é composto por áreas de vegetação natural. Isso se for considerada apenas a área da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado como um todo, desconsiderando os cálculos de vegetação natural das propriedades rurais, que podem variar de um estabelecimento para outro. Devemos nos atentar à cobertura florestal presente nas margens dos rios, ou seja, a mata ciliar ou ripária, que não devem ser consideradas no percentual de 20% do território de cada propriedade, exigidos por lei.

Considerando todos os aspectos apresentados na discussão realizada a respeito da cobertura florestal, cabe ressaltar a importância das práticas de conservação do solo em toda a bacia hidrográfica, além da cobertura com vegetação natural nas APPs. A região no entorno da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado também exerce grande influência na qualidade da água. Se em determinada região ocorre o uso inadequado, sem práticas conservacionistas e com um processo erosivo intenso, e a mata ciliar estiver com a cobertura vegetal adequada, a mesma poderá apenas minimizar os efeitos desencadeados pelo uso inadequado da terra da região, mas poderá conter todo o efeito do carreamento de partículas através do escoamento superficial. Assim, nota-se que esforços também devem ser realizados para que o uso da terra esteja adequado, práticas corretas sejam adotadas, para que um manejo sustentável seja realizado em toda a bacia hidrográfica.

**C
A
P
Í
T
U
L
O
8**

8 CONSIDERAÇÕES

Esta pesquisa buscou mostrar as transformações ocorridas na paisagem da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado nos últimos vinte e seis anos. Percebeu-se que as ações antrópicas realizadas nos municípios inseridos na bacia foram de vital importância para a transformação socioeconômica da Região como um todo. Torna-se importante salientar que a utilização de geotecnologias, aplicadas à análise temporal das modificações do uso da terra, possibilitaram a concretização dos objetivos deste trabalho, pois mediante os resultados apresentados, através do conhecimento evolutivo, atual e real da área de estudo, estes poderão dar suporte à implementação de políticas públicas para a região.

A proposta de um estudo geoambiental favoreceu respostas sistemáticas através da análise do nível morfológico, que foi individualizada, hierarquizada e caracterizada a bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, onde a utilização da tecnologia de geoprocessamento favoreceu o entendimento das alterações ambientais da área estudada, considerados a partir das perspectivas dos mapeamentos temporais realizados nos anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e 2011. Assim obteve-se um nível de processo resposta satisfatório, com a interação entre os níveis morfológicos e encadeante pela montagem da matriz ambiental contento a perspectiva espaço-temporal da área.

Desta forma a metodologia sistêmica, adotada nesta pesquisa, permitiu a compreensão geofísica da bacia como um todo, ao demonstrar os níveis hierárquicos a partir da parte-componente (área de estudo) até o sistema principal (bacia hidrográfica do Rio Paraná), que possibilitou a abertura de espaço para uma análise geoambiental, e favoreceu um diagnóstico para complementar a geração de monitoramento da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado. Desta forma favoreceu-se o último nível de análise da Teoria Geral de Sistema, ou seja, o nível de controle, onde se direciona as prospecções voltadas tanto para a Sociedade quanto a natureza.

Considerando os objetivos traçados inicialmente nesta pesquisa e percorrendo todo o caminho conceitual, metodológico e de análise dos resultados, constatou-se que há mudança do uso e ocupação da terra de forma não planejada, que gerou alterações ambientais na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, elucidado e discutido nos capítulos anteriores, principalmente através da análise multitemporal, demonstrada no capítulo anterior.

Assim sendo, com o desenvolvimento da análise multitemporal, foi possível verificar o desenvolvimento sócio-econômico-ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, com o suporte da Teoria Geral dos Sistemas, na qual acredita-se que essa pesquisa pode ser utilizada inicialmente para o desenvolvimento metodológico de vários outros trabalhos e pesquisas, seja para esta mesma área de estudo, complementando informações e subsídios de novas análises, ou para outros objetos de estudo, que por ventura possam se assemelhar às necessidades existentes em bacias hidrográficas, com áreas semelhantes a esta. Podemos citar alguns outros trabalhos específicos nas áreas: de monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas; análise da contaminação do solo; trabalhos relacionados a aspectos socioeconômicos, a educação ambiental, ao consumo racional da água. A análise da influência do uso e cobertura da terra na qualidade da água, nas regiões da bacia hidrográfica sem urbanização, pode ser realizada com um número elevado de amostragens da água do ribeirão.

Notamos, através da análise multitemporal, que na região ocorre o uso inadequado da terra, que não prioriza intensamente a conservação de APPs em todos os cursos d'água da bacia, principalmente na região de foz dos principais canais, Ribeirão Lajeado e Ribeirão Bonito. Em bacias hidrográficas deve haver práticas conservacionistas da vegetação nativa, pois se ocorrer um processo erosivo intenso, e a mata ciliar estiver com a cobertura vegetal adequada, a mesma poderá minimizar os efeitos desencadeados pelo uso inadequado da terra da região, e poderá conter o efeito do carreamento de partículas através do escoamento superficial. Assim, nota-se que esforços também devem ser realizados para que o uso da terra esteja adequado, práticas corretas sejam adotadas, para que um manejo sustentável seja realizado em toda a bacia hidrográfica.

As técnicas de geoprocessamento utilizadas foram eficientes, auxiliaram e facilitaram o processo de análise necessário para atingir os objetivos deste trabalho. Com base no levantamento e análise realizada, constatou-se que os recursos hídricos da bacia hidrográfica podem ser degradados, sob as condições do uso e cobertura da terra, que estão num processo de fragmentação vindo a prejudicar o seu sistema natural. As imagens orbitais Landsat 5 TM, que foram utilizadas neste estudo, contribuíram com segurança e praticidade para estudos e implantação de medidas mitigadoras aos impactos ambientais ocasionados pelas alterações de usos e ocupações da terra, oriundos principalmente das atividades econômicas agrícolas da região. O uso de imagens de satélite demonstrou uma alta eficiência para a

geração de mapas de uso e ocupação da terra a partir de técnicas de segmentação e classificação de imagem.

O software SPRING 5.2 demonstrou-se eficaz neste estudo, com a construção de banco de dados, aliado às informações provenientes de sensores remotos a bordo de satélites da série Landsat 5 TM.

As técnicas de geoprocessamento se apresentaram como ferramentas importantes no auxílio dos trabalhos de vistoria e avaliação dos tipos de usos e coberturas da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado. Estas técnicas possuem vastas possibilidades de aplicações potenciais que podem tornar-se indispensáveis ao gerenciamento e monitoramento de bacias hidrográficas. O presente trabalho apresentou essas possibilidades, para demonstrar resultados mais precisos para a análise multitemporal, bem como para a situação atual dos usos e cobertura da terra, comprovando esses resultados a partir de visitas em campo, para verificar *in loco* os diferentes alvos, evidenciando a suas distribuições na área estudada. O trabalho de campo auxiliou na identificação de algumas classes de uso da terra das imagens e na confirmação dos respectivos alvos, confirmados com o auxílio de um GPS.

O mapeamento da cobertura da terra é um instrumento que reúne importantes informações para os gestores de recursos hídricos e tomadores de decisão, que podem ser utilizadas no gerenciamento de bacias hidrográficas. Deve priorizar os princípios de uma integração entre gerentes e pesquisadores, para que esses possibilitem a análise de economias de importância para os recursos hídricos, os benefícios dos usos de recursos naturais. Em relação ao método utilizado ficou evidente sua eficácia, pois, a aquisição, manipulação e armazenamento dos dados da área de estudo foram processados e transformados em informações que podem subsidiar o planejamento da área.

Com os resultados apresentados nesta pesquisa e com os aspectos estudados, as propostas do presente trabalho baseiam-se:

- Em subsídios que podem ser utilizados para gerar dados e informações de planejamento em bacias hidrográficas;
- Em ações e planos para a conservação da bacia estudada.

Mediante os diferentes aspectos e situações observadas durante o desenvolvimento deste trabalho e o levantamento de dados realizado, algumas atividades podem ser sugeridas visando a preservação da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado:

- Usar banco de dados georreferenciado para armazenar e manipular dados com referência geográfica – Arquivo em anexo;
- A recomposição florestal das áreas críticas da bacia hidrográfica, que deve ser desenvolvida em conjunto com as autoridades municipais, proprietários e empreendedores, de modo a realizar um planejamento que possibilite a execução desta atividade de recuperação de acordo com áreas prioritárias e possibilidades de financiamento, de modo a tornar este plano de trabalho executável diante das diversas circunstâncias;
- Priorizar a integração entre gerentes e pesquisadores, para que possibilitem a análise de economias de importância para os recursos hídricos e os benefícios dos usos de recursos naturais;
- Organizar um sistema de informação sobre os recursos hídricos, para a o armazenamento e difusão de maneira descentralizada das informações geradas para toda a sociedade, que incluam e mantenham atualizado um banco de dados com todos os resultados de estudos já realizados e em realização, visando orientar o processo de tomada de decisões;
- Elaborar estudos voltados para a manutenção e ampliação das áreas de vegetação natural;
- Ações de preservação de seus recursos naturais, principalmente voltadas às vegetações naturais, APPs e aos recursos hídricos, e desta forma deve-se efetivar maior fiscalização dos órgãos competentes nas propriedades agrícolas, exercendo um planejamento ambiental eficaz em toda área da bacia hidrográfica, com a atuação direta dos cinco municípios inseridos na bacia.
- A ampliação da área de atuação do Consórcio do Ribeirão Lajeado, compreendendo também o Ribeirão Bonito, inserindo os municípios de Glicério e Braúna.

Essas sugestões apresentadas dependem de uma ação conjunta com o poder público, autoridades municipais e da iniciativa privada dos cinco municípios inseridos na área da bacia hidrográfica. Diante da situação da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, os planejamentos e as atividades realizadas devem ser efetivamente aplicados para a recuperação e conservação ambiental da bacia hidrográfica, de modo a orientar as mudanças que ocorrem na ocupação da mesma.

Para preservar e/ou recuperar a bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado deve-se envolver todos os setores inseridos nesta unidade, desde instituições até o público em geral, efetivando a integração destes, em ações conjuntas, idealizando soluções práticas e viáveis para as principais regiões e/ou setores degradados, bem como para manter o meio natural protegido. Para que ocorra eficazmente o gerenciamento e planejamento de bacias hidrográficas, deve-se incluir e considerar, os dados advindos da pesquisa científica, para gerar informações necessárias à tomada de decisões pelos gestores, propiciando interação contínua e permanente entre gerentes e pesquisadores da área da bacia.

Esta pesquisa científica além de benefícios de uma resposta mais eficiente e eficaz ao problema de gerenciamento, contribui de modo adequado aos que idealizam a promoção de políticas públicas, para se adaptarem às mudanças econômicas e sociais e ao mesmo tempo resolver conflitos. Conflitos sobre o uso da terra nos mananciais e os usos múltiplos dos recursos hídricos também poderão ser resolvidos através de um banco de dados e um sistema de informações que mostrem a realidade e possibilitem estudos de alternativas a serem implantadas.

Entre o período dos anos analisados verificou-se alterações na paisagem, como o decréscimo da cobertura vegetal natural e substituição de áreas de pecuária por monoculturas. É necessário que se cumpra as leis ambientais vigentes para que a sociedade, que necessita dos recursos advindos da bacia, não seja prejudicada com os maus usos ocasionados na região.

**C
A
P
Í
T
U
L
O
9**

9. BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, Josimar Ribeiro de Almeida. et al. **Planejamento ambiental: caminho para participação popular e gestão ambiental para nosso futuro comum: uma necessidade, um desafio**. 2. ed. Rio de Janeiro: Thex Ed.: Biblioteca Estácio de Sá, 1999. 180 p.

ANA, Agência Nacional das Águas. **Região Hidrográfica do Paraná**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/mapainicial/pgMapaL.asp>>. Acesso em: 21 maio 2007.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Bacia do Rio Paraná**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/110.htm>>. Acesso em: 21 maio 2007.

AYOADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1983. 332 p.

BOTELHO, Rosângela Garrido Machado; SILVA, Antonio Soares da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. IN: VITTE, Antonio Carlos; GUERRA, Antonio José Teixeira. (Orgs). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007, p. 153-192.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constitui%C3%A7ao.htm>. Acesso em: 22 mar. 2009.

BRASIL-Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Clipping: seleção de notícias**. Disponível em: <<https://conteudoclipingmp.planejamento.gov.br/cadastros/noticias/2011/8/31/relator-apresenta-parecer-para-o-codigo-florestal>>. Acesso em: 31 ago. 2011.

_____. Decreto n.º 6.514, de 22 de julho de 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. **Diário Oficial**, Brasília, 23 jul. 2008. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6514.htm#art153>. Acesso em: 22 mar. 2009.

_____. Lei n.º 4.771 de 15 de Setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial**, Brasília, 20 jul. 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm>. Acesso em: 22 mar. 2009.

_____. Lei n.º 7.803 de 18 de Julho de 1989. Altera a redação da Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Diário Oficial**, Brasília, 20 jul. 1989. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/>>. Acesso em: 22 mar. 2009.

_____. Lei n.º 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. 1998. **Diário Oficial**, Brasília, 13 fev. 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9605.htm>. Acesso em: 22 mar. 2009.

_____. Medida Provisória n.º 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. Altera os artigos 1.º, 4.º, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei n.º 4.771, de 15 de setembro

de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei no 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, e dá outras providências. **Diário Oficial**, Brasília, 23 ago. 2001. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/MPV/2166-67.htm>. Acesso em: 22 mar. 2009.

BRASIL-Senado Federal. **Legislação 95212**. Disponível em: <<http://legis.senado.gov.br/mate-pdf/95212.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2011.

_____. **Reforma do Código Florestal**. Disponível em: <<http://www12.senado.gov.br/codigoflorestal/news/mais-de-620-emendas-a-mp-do-codigo-florestal>>. Acesso em: 20 jun. 2012.

_____. **LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Mpv/571.htm>. Acesso em: 21 jun. 2012.

_____. **MEDIDA PROVISÓRIA Nº 571, DE 25 DE MAIO DE 2012**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 21 jun. 2012.

_____. **MENSAGEM Nº 212, DE 25 DE MAIO DE 2012**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/Msg/VEP-212.htm>. Acesso em: 22 jun. 2012.

_____. **Diário Oficial**. Brasília, 28 de maio 2012. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/visualiza/index.jsp?data=28/05/2012&jornal=1&pagina=1&totalArquivos=168>>. Acesso em: 14 jun. 2012.

CASAGRANDE, Catia Andersen. **Diagnóstico ambiental e análise temporal da adequabilidade do uso e cobertura do solo na bacia do Ribeirão dos Marins**. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba/SP, 2005. 136 p.

CAZULA, Leandro Pansonato; FERREIRA, Cesar Cardoso; MIRANDOLA-AVELINO, Patrícia Helena; SAKAMOTO, Arnaldo Yoso. **O uso de geotecnologias nos planos de preservação e conservação da bacia do Ribeirão Lajeado SP**. In: SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO E IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 5 e 1., 2008, Santa Maria/RS - Brasil. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2008. p. 1129-1143

CAZULA, Leandro Pansonato. **Uso de geotecnologias para o levantamento dos usos e coberturas da terra da bacia hidrográfica do ribeirão Lajeado nos municípios de Alto Alegre, Barbosa, Braúna, Glicério e Penápolis/SP**. Monografia do curso de Geografia Bacharelado da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Três Lagoas, 2009, 158 p.

CAZULA, Leandro Pansonato; MIRANDOLA, Patrícia Helena. Bacia hidrográfica – conceitos e importância como unidade de planejamento: um exemplo aplicado na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP – Brasil. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas – MS**. Três Lagoas, V.1, nº 12, Ano 7, Novembro 2010. Disponível em:

<<http://www.cptl.ufms.br/geo/revista-geo/Revista/revista12/Nova%20pasta/5.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2010.

CBERS-2B/CCD: imagem de satélite. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 11 abr. 2008. Bandas 2, 3 e 4. Órbita 158 e ponto 124. Disponível em: < <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 12 ago. 2008.

CENTENO, Jorge Antonio Silva. **Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais**. Curitiba: Ed. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas - UFPR, 2004.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **O canal fluvial**. In:_____. Geomorfologia Fluvial. 1. ed. v. 1. São Paulo: Edgard Blücher, 1974.

_____. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

_____. **Modelagem de sistemas ambientais**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CORREIA JUNIOR, P. de A (2006). **Elaboração de modelos para o estudo das mudanças nos padrões de uso e cobertura da terra na bacia do Taiaçupeba, região metropolitana de São Paulo, com auxílio de sensoriamento remoto orbital**. São Paulo, 2006. 116p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo.

CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, José Teixeira (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

_____. **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

_____. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

_____. **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

DAEP. **Departamento autônomo de água e esgoto de Penápolis**. Disponível em: <<http://www.daep.com.br>>. Acesso em: 14 set. 2007.

DANTAS, Rosane de Fátima Centenaro; CRUZ, Aparecido Cruz. **Ações integradas para a recuperação da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – Penápolis/SP**. Disponível em: <http://www.semasa.sp.gov.br/Documentos/Publicar_Internet/trabalhos/trabalho_12.pdf>. Acesso em: 10 out. 2007.

DOLLFUS, O. **O espaço geográfico**. 2. ed. São Paulo: Difef, 1975. p. 7-28.

DUARTE, Paulo Araújo. **Cartografia básica**. 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1988.

ECO. Consultoria Ambiental e Comércio Ltda. **Caracterização de parâmetros bioindicadores ambientais na bacia hidrográfica do ribeirão lajeado que abrange os municípios de Alto Alegre, Barbosa e Penápolis.** Penápolis: dez., 2004.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Artigos.** Disponível em: <<http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos.html>>. Acesso em: 05 maio 2008.

FERREIRA, Cesar Cardoso. **Geoprocessamento e sensoriamento remoto: processamento de imagens orbitais de sensores passivos (CCD e ETM) e ativos (SRTM) como subsídio para o gerenciamento na bacia hidrográfica das Pitangueiras/SP.** Monografia de graduação em geografia - bacharelado pela Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Três Lagoas, 2008. 117 p.

_____. **Geotecnologias aplicadas a criação e organização de banco de dados geoambientais da bacia hidrográfica do Rio Sucuriú - MS/BR.** Dissertação (Mestrado) Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Três Lagoas/MS, 2011. 193 p.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Imagens de satélite para estudos ambientais.** São Paulo/SP: Oficina de Textos, 2002.

_____. **Iniciação em sensoriamento remoto.** 2. ed. do imagens de satélite para estudos ambientais. São Paulo/SP: Oficina de Textos, 2007.

FRIGOLETTO. **Bacia do Prata.** Disponível em: <<http://www.frigoletto.com.br/GeoFis/Bacias/baciaprata.htm>>. Acesso em: 21 maio 2007.

G1 Política. **'Diário Oficial' publica justificativas de Dilma aos vetos do Código Florestal.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/politica/noticia/2012/05/confira-justificativas-de-dilma-aos-vetos-do-codigo-florestal.html>>. Acesso em: 22 jun. 2012.

GONÇALVES, Franciele. **Geotecnologias aplicadas na avaliação do uso e ocupação da terra e nos parâmetros indicadores de qualidade da água na bacia hidrográfica Água Tirada - Três Lagoas/MS.** Monografia de graduação em geografia - bacharelado pela Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Três Lagoas, 2008. 117 p. 90.

GRANELL-PÉREZ, María del Carmen. **Trabalhar geografia com as cartas topográficas.** 2. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2004.

GUERRA, Antonio José Teixeira, 1924-1968. **Novo dicionário geológico – geomorfológico.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

_____; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra.** 2. ed. Rio de Janeiro: Diretoria de Geociências, 2006, 91 p.

_____. **Cidades @**. Disponível em:
<<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 30 ago. 2011.

_____. **Banco de dados agregados**. Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/default.asp>>. Acesso em: 01 set. 2011.

_____. **Mapa de solos**. Escala: 1:500.000. Disponível em:
<<http://mapas.ibge.gov.br/solos/viewer.htm>>. Acesso em 12 jun. 2012.

_____. **Mapa de divisas**. Escala: 1:500.000. Disponível em:
<<http://mapas.ibge.gov.br/divisao/viewer.htm>>. Acesso em 26 nov. 2007.

_____. **Censo Agropecuário 2006**. Disponível em <<http://ibge.gov.br>>. Acesso em 13 abr. 2009.

_____. **Produção Agrícola Municipal 2007**. Disponível em <<http://ibge.gov.br>>. Acesso em 23 abr. 2009.

_____. **Produção Agrícola Municipal 2009**. Disponível em <<http://ibge.gov.br>>. Acesso em 23 jun. 2011.

IGC – INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO. **Unidades hidrográficas de Gerenciamento de recursos hídricos do estado de São Paulo**. São Paulo, 1996. Escala 1:1 000 000.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (São Paulo, SP). **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1981. 2 mapas. Escala 1:500000.

_____. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1981. 1 mapa. Escala 1:1000000.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO DE SÃO PAULO (Buritama, SP). **Região Sul do Brasil**. Folha SF-22-J-II-2. São Paulo, 1967. 1 mapa. Escala 1:50.000.

_____. (Penápolis, SP) **Região Sul do Brasil**. Folha SF-22-J-II-4. São Paulo, 1967. 1 mapa. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA (Alto Alegre, SP). **Carta do Brasil**. Folha SF-22-X-C-V-2. São Paulo, 1974. 1 mapa. Escala 1:50.000.

_____. (Avanhandava, SP). **Carta do Brasil**. Folha SF-22-X-C-III-3. São Paulo, 1973. 1 mapa. Escala 1:50.000.

_____. (Planalto, SP). **Carta do Brasil**. Folha SF-22-X-C-III-1. São Paulo, 1972. 1 mapa. Escala 1:50.000.

_____. (Promissão, SP). **Carta do Brasil**. Folha SF-22-X-C-VI-1. São Paulo, 1973. 1 mapa. Escala 1:50.000.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. DGI – Divisão de Geração de Imagens. **Os satélites LANDSAT 5 e 7**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57_PT.php>. Acesso em: 12 fev. 2012.

JORGE, F. N. de; UEHARA, K. Águas de Superfície. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de (Ed.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998, p.101-109.

LANDSAT 7 ETM+: imagem de satélite. NASA Official: Craig Peterson, 2000. S-22-20_2000. Disponível em: <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/bin/show.pl?client=sid&image=S-22-20_2000.sid>. Acesso em: 20 ago. 2008.

LANDSAT 5 TM (Thematic Mapper): Imagens de satélite - 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e 2011. Orbita/Ponto – 222/75. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em 12 jul. 2011.

LOCH, C. **A interpretação de imagens aéreas**: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais. 2.ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 1993.

MARTINELLI, Marcello. **Curso de cartografia temática**. São Paulo: Contexto, 1991.

_____. **Clima do Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://confins.revues.org/6348#tocto2n10>>. Acesso em: 29 ago. 2011.

MENDONÇA, F. **Geografia e Meio Ambiente**. São Paulo: Contexto, 1998.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Informações sobre o rio Paraná**. <<http://www.transportes.gov.br/bit/hidro/figuras/map-parana.gif>>. Acesso em: 23 maio 2006.

MIRANDOLA-AVELINO, Patricia. Helena. **Análise geo - ambiental multitemporal para fins de planejamento ambiental: um exemplo aplicado à bacia hidrográfica do Rio Cabaçal Mato Grosso - Brasil**. Tese de Doutorado em Geografia do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006, 317 p.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **A questão ambiental no Brasil (1960-1980)**. São Paulo: IGEOG-USP, 1981. (Séries Teses e Monografias n°42)

_____. **A dinâmica Climática e as chuvas no estado se São Paulo** – estudo geográfico sob a forma de atlas. 1973. Disponível em CD-ROM.

MOREIRA, C. V. R.; PIRES NETO A. G. Clima e Relevo. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de (Ed.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998, p.69-85.

NOVO, Evelyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento remoto**: princípios e aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 308 p.

OLIVEIRA, Antonio Manoel dos Santos; BRITO, Sérgio Nertan Alves de (Ed.). **Geologia de engenharia**. São Paulo: Associação brasileira de geologia de engenharia, 1998.

PENÁPOLIS. **Prefeitura Municipal de Penápolis**. Disponível em: <<http://www.penapolis.gov.sp.br>>. Acesso em 16 out. 2007.

PHILIPPI JUNIOR, Arlindo. et al. (Editores). **Meio ambiente e cidadania**. São Paulo: Signus, 2002.

PISSARRA, Teresa Cristina; POLITANO, Walter. A bacia hidrográfica no contexto do uso do solo com florestas. IN: VALERI, Sérgio Valiengo. et al. (Ed.). **Manejo e recuperação florestal: legislação, uso da água e sistemas agroflorestais**. Jaboticabal: Funep, 2003. p. 29-54.

PORTAL BRASIL. **Brasil hidrografia**. Disponível em: <http://www.portalbrasil.net/brasil_hidrografia.htm>. Acesso em: 23 maio 2007.

RAISZ, Erwin. **Cartografia geral**. Tradução Neide M. Schneider e Péricles Augusto Machado Neves. Rio de Janeiro: Científica, 1969.

RAMOS, Andrea Malheiros; SANTOS, Luiz Rodrigues dos; FORTES, Lauro Tadeu Guimarães (Org.). **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990**. Brasília/DF: INMET, 2009. 465 p.

RODRIGUES, S. F. S (2002). **Avaliação das alterações da rede de drenagem em sub-bacias e microbacias do alto e baixo Rio Capivari (Louveira e Rafard/SP)**. São Carlos, 2002. 245p. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

ROSA, Lucas; ALVES, Marcelo de Carvalho; SANCHES, Luciana. Uso de composições de bandas do satélite Landsat 5 TM para caracterizar a dinâmica da variação de áreas alagadas no Pantanal mato-grossense. IN.: **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.5292. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1189.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2012.

ROSA, R.. BRITO, J. L. S. **Introdução ao geoprocessamento: Sistema de Informação Geográfica**. Uberlândia, 1996.

ROSA, Roberto. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 5. ed. Uberlândia: EdUFU, 2003. 238 p.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Os fundamentos da geografia da natureza. IN:_____. (org.). **Geografia do Brasil**. São Paulo: EdUSP, 1995. p.13-66.

SÃO PAULO. Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo** (Relatório Zero) CORHI, 1999. 400 p.

SATOLO, Luiz Fernando. **Dinâmica econômica das flutuações de cana-de-açúcar**. Piracicaba, 2008. 131p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.

SETZER, José. **Atlas climático e ecológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: CIBPU – CESP, 1966.

SOARES FILHO, Adelsom. **Análise sócio-ambiental para a preservação da microbacia do córrego Laranja Doce, Dourados – MS**. Monografia apresentada como exigência para conclusão do curso de Pós-Graduação (Lato sensu). Mato Grosso do Sul: UFMS, 2005.

SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. Camara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

TOLEDO, M. C. M; et al. Intemperismo e formação do solo. IN: TEIXEIRA, W; et al (orgs.). **Decifrando a terra**. São Paulo: Oficinas de Textos, 2000. p.139-166.

TUNDISI, José Galizia. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Paulo: RiMa, IIE, 2003.

VALENTE, Roberta de Oliveira Avena. **Análise da estrutura da paisagem na bacia do Rio Corumbataí, SP**. Dissertação (mestrado). Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001, 144 p.

VETTORAZZI, Carlos Alberto. Técnicas de geoprocessamento no monitoramento de áreas florestadas. **Série técnica IPEF**. Piracicaba: IPEF. v.10, n.29, p.45-51. Nov. 1996.

VITTE, Antonio Carlos; GUERRA, Antonio José Teixeira. (Orgs). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

WWF. **Código Florestal**: Entenda o que está em jogo com a reforma de nossa legislação ambiental. Disponível em:
<<http://www.wwf.org.br/informacoes/?uNewsID=27443>>. Acesso em: 14 jun. 2012.

ANEXO

Arquivo em mídia do **Banco de Dados** Georreferenciado da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Lajeado – para software SPRING 5.2 para ambientes UNIX e Windows - produto desenvolvido e idealizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

