

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

**ATLAS AMBIENTAL COMO SUBSÍDIO AOS ESTUDOS DE
SUSTENTABILIDADE – A BACIA DO ARAÇUAÍ NO VALE
DO JEQUITINHONHA**

Lussandra Martins da Silva

Orientador: Profa. Dra. Lucia Helena de Oliveira Gerardi

Co-Orientador: Prof. Dr. José Flávio Moraes Castro

Dissertação de Mestrado elaborada junto ao
Curso de Pós-Graduação em Geografia - Área
de Concentração em Análise da Informação
Espacial, para obtenção do Título de
Mestre em Geografia.

Rio Claro (SP)

2002

526.8 Silva, Lussandra Martins da

S586a **Atlas ambiental como subsídio aos estudos de sustentabilidade – a bacia da Aracuaí no Vale do Jequitinhonha - /**

Lussandra Martins da Silva. – Rio Claro : [s.n.], 2002

2 v. : il. + 1 CD-ROM

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Orientador: Lúcia Helena de Oliveira Gerardi

Co-orientador: José Flávio Moraes Castro

1. Cartografia. 2. SIG. 3. Bacia hidrográfica. 4. PNE. 5. Cartografia digital. I. Título.

Comissão Examinadora

- aluno(a) -

Rio Claro, _____ de _____ de _____

Resultado: _____

Dedico aos que têm alegria de produzir, alegria de descobrir, e a beleza de ir além. Aliás, infinita beleza que encontra-se nesse Jequitinhonha....Terra de gente simples e de saberes mil...

AGRADECIMENTOS

À Professora Doutora Lucia Helena de Oliveira Gerardi pela orientação, paciência, compreensão e incentivo. Ao professor Doutor José Flávio Moraes Castro pela co-orientação, ajuda e contribuição na pesquisa.

À Fapesp (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pela concessão da bolsa de mestrado por 2 anos.

Aos amigos: Susimara Cristina Levighin, Kátia Regina Nogueira Mendonça, Rosane Balsan, Guilherme Taitson Bueno, Wellington Lopes de Assis, Valnei Pereira, Alessandra, Gersina, Thaís, Valdeci Mariano, Adriana Correa Alves. Adriano Venturieri pelo apoio, amizade, discussões e colaborações para o desenrolar da pesquisa. A todos dos quais esqueço o nome, mas que com certeza, se amigos, moram no meu coração.

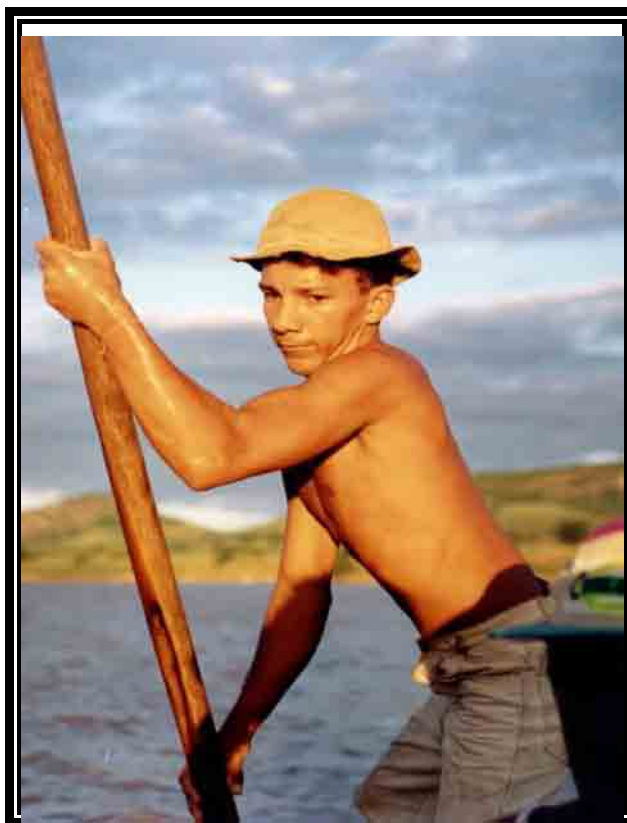
Ao Geber de Aquino Cheida, pela colaboração na parte gráfica e ao Ronado Bella pela produção do Atlas Digital. Ao Gilberto Donizetti pela disposição em sempre ajudar.

Às funcionárias da Biblioteca do IGCE: Josimeire Moura e Silva, Mônica Maria Caes, Vera; aos funcionários do CEAPLA: Sérgio Luís Antonello, Magali Falcão e Lucimari A. F. G. Rossetti. Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação.

Aos professores que participaram da qualificação: José Flávio Moraes Castro e Ana Lúcia B. R. Giometti pelas preciosas orientações e direcionamento da pesquisa final.

À professora Doutora Iandara Alves Mendes pela colaboração. A todos os professores que contribuíram para minha formação acadêmica e profissional seja nas disciplinas de graduação ou nas do programa de pós-graduação. Em especial, aos professores: Dr. Oswaldo Bueno Amorim Filho, Dr. Maria Aparecida S. Tubaldini, Dr. Marcos César Ferreira, Dr. Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto.

À minha família: mãe, Darci Tomaz de Aquino da Silva, pai, João Antônio da Silva, irmãs Karina Martins da Silva e Renata Martins da Silva. Sobrinhos João Victor Martins e Nayara Aranda Silva. Ao meu tio e sempre amigo Jânio Miguel Cheida pelos constantes incentivos.



RAÇA

Ronald Claver

Este é o povo
 de fome farta e faca
 De gumes vários, de sede
 Tanta, de calejadas mãos
 De remos e embarcações
 Este é o povo de léguas
 Quantas, de águas muitas
 Peixes poucos e bocas tontas
 Este é o povo de resignado
 Peito
 De cabeça baixa, de raros
 Feitos
 Este é o povo de minguada
 Renda
 Muitas fendas, furos, muros
 Este é o povo
 Que antes de tudo já foi
 Forte
 Hoje está mudo, sem roteiro
 Ou norte
 Este é o povo
 Qual peixe sem guelra
 Qual garganta sem grito
 Onde está o tigre deste
 Povo
 Onde as armas desta guerra
 E a garra destas mãos?
 Quando um dia
 Este povo vai mudar
 O curso da vida
 O mapa
 A geografia?
 Quando vai apressar o passo
 E erguer os braços?

SUMÁRIO

ÍNDICE	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
ÍNDICE DE FIGURAS	II
ÍNDICE DE TABELAS	IV
ÍNDICE DE QUADROS	V
ÍNDICE DE GRÁFICOS	VI
ÍNDICE DE ANEXOS	VII
RESUMO	VIII
ABSTRACT	IX
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3. A PESQUISA E OS RESULTADOS	101
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	170
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	174
ANEXOS	192

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. LOCALIZAÇÃO E ESTRUTURA POLÍTICO-ADMINISTRATIVA DO VALE DO JEQUITINHONHA.....	3
1.1.1. HISTÓRICO E OCUPAÇÃO	9
1.1.2. LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO ARAÇUAÍ E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1. A TEORIA NAS PESQUISAS AMBIENTAIS	17
2.1.1. SISTEMAS	17
2.1.2. ANÁLISE AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	19
2.1.3. EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DOS SOLOS	28
2.1.4. SUSTENTABILIDADE.....	31
2.2. A CARTOGRAFIA NAS PESQUISAS AMBIENTAIS.....	38
2.2.1. HISTÓRICO E CONCEITOS BÁSICOS DA CARTOGRAFIA	38
2.2.2. SEMIOLOGIA GRÁFICA	44
2.2.3. CARTOGRAFIA AMBIENTAL, CONCEITUAÇÃO E TÉCNICAS.....	54
2.2.4. TENDÊNCIAS ATUAIS DA CARTOGRAFIA	62
2.2.5. ATLAS DIGITAIS OU ELETRÔNICOS.....	71
2.3. O GEOPROCESSAMENTO NAS PESQUISAS AMBIENTAIS.....	76
2.3.1. HISTÓRICO E CONCEITOS BÁSICOS DE GEOPROCESSAMENTO	76
2.3.2. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG), CONCEITOS E ANÁLISE ESPACIAL.....	80
3. A PESQUISA E OS RESULTADOS	101
3.1. MATERIAL.....	101
3.2. METODOLOGIA	102
3.2.1. CRIAÇÃO DA BASE DE DADOS DIGITAL.....	102
3.2.2. O MODELO USLE.....	116
3.2.3. CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DAS VARIÁVEIS FÍSICAS E SÓCIO-ECONÔMICAS	129
3.2.4. ATLAS DIGITAL DO VALE DO JEQUITINHONHA E BACIA DO RIO ARAÇUAÍ	152
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	170
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	174

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO VALE DO JEQUITINHONHA E DA BACIA DO ARAÇUAÍ	5
FIGURA 2 – MAPA HIDROGRÁFICO DO VALE DO JEQUITINHONHA	6
FIGURA 3 – MAPA DA DIVISÃO MUNICIPAL DO VALE DO JEQUITINHONHA E LOCALIZAÇÃO DAS MICRORREGIÕES HOMOGÊNEAS.....	7
FIGURA 4 – MAPA DAS RODOVIAS FEDERAIS E VICINAIS DO VALE DO JEQUITINHONHA	8
FIGURA 5 – MAPA HIDROGRÁFICO DA BACIA DO RIO ARAÇUAÍ.....	13
FIGURA 6 –ARTICULAÇÃO DAS CARTAS TOPOGRÁFICAS DO VALE DO JEQUITINHONHA E BACIA DO ARAÇUAÍ	14
Figura 7 – SISTEMA CARTESIANO	42
FIGURA 8 – ELEMENTOS DE UMA CARTA TOPOGRÁFICA	43
FIGURA 9 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS INFORMAÇÕES ESPACIAIS	52
FIGURA 10 – LEGENDA TRADICIONAL	59
FIGURA 11 – COLEÇÃO DE MAPAS.....	60
FIGURA 12 – LEGENDA POR COLEÇÃO DE MAPAS	60
FIGURA 13 – MAPA DE SUPERPOSIÇÃO.....	61
FIGURA 14 – NOVAS VARIÁVEIS VISUAIS E OS MODOS DE IMPLANTAÇÃO.....	69
FIGURA 15 – COMUNICAÇÃO VISUAL.....	70
FIGURA 16 – RELAÇÃO DOS NÍVEIS DE APLICABILIDADE DOS SIGs.....	78
FIGURA 17 – EIXOS TEÓRICOS DA GEOGRAFIA E DO GEOPROCESSAMENTO	80
FIGURA 18 – VISÕES SOBRE O SIG.....	83
FIGURA 19 – REALIDADE ESPACIAL EM SIG	86
FIGURA 20 – REPRESENTAÇÃO VETORIAL E RASTER.....	91
FIGURA 21 – EXEMPLO DE <i>LAYERS</i>	93
FIGURA 22 – OS COMPONENTES DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	98
FIGURA 23 – CORREÇÃO GEOMÉTRICA.....	106
FIGURA 24 – MAPA DA COMPOSIÇÃO COLORIDA DAS BANDAS 3, 4 e 5	110
FIGURA 25 – EXEMPLOS DE RESULTADOS DOS MAPAS DE USO DO SOLO.....	112
FIGURA 26 – MAPA DO USO DO SOLO DA BACIA DO RIO ARAÇUAÍ, CLASSIFICAÇÃO POR REGIÃO	114
FIGURA 27 – MAPA DO USO DO SOLO DA BACIA DO RIO ARAÇUAÍ, CLASSIFICAÇÃO POR PIXEL	115
FIGURA 28 – MAPA ALTIMÉTRICO DA BACIA DO RIO ARAÇUAÍ.....	120
FIGURA 29 – MAPA DA IMAGEM DO MODELO NUMÉRICO DO TERRENO (TIN) DA BACIA DO RIO ARAÇUAÍ.....	122
FIGURA 30 – MAPA DA DECLIVIDADE DA BACIA DO RIO ARAÇUAÍ.....	123

FIGURA 31 – MAPA DOS PRINCIPAIS TIPOS DE SOLOS DA BACIA DO RIO ARAÇUAÍ	126
FIGURA 32 – MAPA DA TEMPERATURA MÉDIA ANUAL DE MINAS GERAIS E DO VALE DO JEQUITINHONHA	131
FIGURA 33 – MAPA DA PRECIPITAÇÃO ANUAL DE MINAS GERAIS E DO VALE DO JEQUITINHONHA	131
FIGURA 34 – ZONEAMENTO CLIMÁTICO DE PARTE DA BACIA DO VALE DO JEQUITINHONHA	133
FIGURA 35 – MAPA DAS DEFICIÊNCIAS HÍDRICAS DE MINAS GERAIS E DO VALE DO JEQUITINHONHA	135
FIGURA 36 – MAPA DE EXCEDENTES HÍDRICOS DE MINAS GERAIS E DO VALE DO JEQUITINHONHA	135
FIGURA 37 – BALANÇO HÍDRICO DE ALGUNS MUNICÍPIOS DO VALE DO JEQUITINHONHA ..	136
FIGURA 38 – MAPA ALTIMÉTRICO DO VALE DO JEQUITINHONHA.....	138
FIGURA 39 – MAPA DA VEGETAÇÃO NATURAL DE MINAS GERAIS E DO VALE DO JEQUITINHONHA	140
FIGURA 40 – VEGETAÇÃO TÍPICA DO CERRADO	140
FIGURA 41 – EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO DO VALE DO JEQUITINHONHA DE 1970, 1980, 1991 a 2000.	144
FIGURA 42 – PRESENÇA DAS LAVOURAS TEMPORÁRIAS NO VALE DO JEQUITINHONHA EM 1970, 1985 e 1996	149
FIGURA 43 – PRESENÇA DO EFETIVO BOVINO NO VALE DO JEQUITINHONHA EM 1970, 1985 e 1996.....	149
FIGURA 44 – PRESENÇA DOS TRABALHADORES FAMILIARES NO VALE DO JEQUITINHONHA EM 1970, 1985 e 1996.....	150
FIGURA 45 – PRESENÇA DOS TRABALHADORES PERMANENTES NO VALE DO JEQUITINHONHA EM 1970, 1985 e 1996	151
FIGURA 46 – ROTEIRO METODOLÓGICO PARA ELABORAÇÃO DE ATLAS DIGITAIS.....	153
FIGURA 47 – MAPA DO RELEVO SOMBREADO DA BACIA DO RIO ARAÇUAÍ	159
FIGURA 48 – MAPA DE ORIENTAÇÃO DE VERTENTES DA BACIA DO RIO ARAÇUAÍ – 5 CLASSES.....	162
FIGURA 49 – MAPA DE ORIENTAÇÃO DE VERTENTES DA BACIA DO RIO ARAÇUAÍ – 9 CLASSES.....	163
FIGURA 50 – MAPA HIPSOMÉTRICO DA BACIA DO RIO ARAÇUAÍ	165
FIGURA 51 – MAPA DO POTENCIAL NATURAL DE EROSÃO (PNE)	169

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – CLASSES DE USO DO SOLO.....	116
TABELA 2 – TABELA DOS VALORES DE ERODIBILIDADE DOS SOLOS ENCONTRADOS NA BACIA DO RIO ARAÇUAÍ.....	125
TABELA 3 – ZONEAMENTO CLIMÁTICO DA BACIA DO RIO JEQUITINHONHA	132
TABELA 4 – EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO DAS MICRORREGIÕES DO VALE DO JEQUITINHONHA - 1970/2000.....	147
TABELA 5 –CLASSES DE DECLIVIDADE	160
TABELA 6 –CLASSES DE ORIENTAÇÃO DE VERTENTES	161
TABELA 7 – CLASSES DE HIPSOMETRIA	164
TABELA 8 – CLASSES DE USO DO SOLO CLASSIFICAÇÃO POR PIXEL.....	166
TABELA 9 – PRINCIPAIS TIPOS DE SOLO	167

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1 – PROPRIEDADES DOS NÍVEIS DE ORGANIZAÇÃO, MODOS DE IMPLANTAÇÃO E VARIÁVEIS VISUAIS	49
QUADRO 2 – ESCALAS DE MENSURAÇÃO E OS SÍMBOLOS DE REPRESENTAÇÃO	53
QUADRO 3 – DIFERENÇAS ENTRE PRODUTOS DIGITAIS E MAPAS	65
QUADRO 4 – CONCEITUAÇÕES SOBRE SIGs.....	82
QUADRO 5 – COMPARAÇÃO DE VETOR X RASTER NA REPRESENTAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS:	90
QUADRO 6 – ESCALAS DE MAPA <i>VERSUS</i> FAIXA DE RESOLUÇÃO ESPACIAL.....	92
QUADRO 7 – EXEMPLOS DE ANÁLISES ESPACIAIS	97
QUADRO 8 – FLUXOGRAMA DAS ETAPAS METODOLÓGICAS DA USLE	118

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – POPULAÇÃO DO VALE DO JEQUITINHONHA.....	142
GRÁFICO 2 – FORÇA DE TRABALHO, 1970, GRÁFICO 3 – FORÇA DE TRABALHO 1985.....	151
GRÁFICO 4 – FORÇA DE TRABALHO, 1996.....	151

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 – VALORES DE PRECIPITAÇÃO DA BACIA DO RIO ARAÇUAÍ	192
ANEXO 2 – SINTAXE UTILIZADA PARA A OBTENÇÃO DO PNE.....	193
ANEXO 3 – TABELA DA POPULAÇÃO DO VALE DO JEQUITINHONHA, 1970.....	195
ANEXO 4 – TABELA DA POPULAÇÃO DO VALE DO JEQUITINHONHA, 1980.....	196
ANEXO 5 – TABELA DA POPULAÇÃO DO VALE DO JEQUITINHONHA, 1991.....	197
ANEXO 6 – TABELA DA POPULAÇÃO DO VALE DO JEQUITINHONHA, 1996.....	198
ANEXO 7 – TABELA DA POPULAÇÃO DO VALE DO JEQUITINHONHA, 2000.....	200
ANEXO 8 – FOTO DA CIDADE DE ALMENARA.	202
ANEXO 9 – FOTO DA CIDADE DE ARAÇUAÍ.	202
ANEXO 10 – FOTO DA CIDADE DE CAPELINHA.....	203
ANEXO 11 – FOTO DA CIDADE DE CARBONITA.	203
ANEXO 12 – FOTO DA CIDADE DE DIAMANTINA.....	204
ANEXO 13 – FOTO DA CIDADE DE ITINGA.	204
ANEXO 14 – FOTO DO RIO JEQUITINHONHA NO MUNICÍPIO DE JEQUITINHONHA.	205
ANEXO 15 – FOTO DA CIDADE DE ITAMARANDIBA	205

RESUMO

Neste trabalho, elaboraram-se mapas temáticos, enfocando os espaços físico-ambiental e sócio-econômico do Vale do Jequitinhonha, Estado de Minas Gerais, e mapas físicos da bacia do Araçuaí, tributário do rio Jequitinhonha. A escolha dessa bacia deveu-se a seu papel de fundamental importância dentro do Vale do Jequitinhonha e por ser uma bacia que engloba 20.5% da área do Vale. É de grande importância para a manutenção do abastecimento hídrico e para a prática da agricultura. Justifica-se, portanto, a orientação do estudo de caso para ela, já que os problemas encontrados nessa bacia podem ocorrer em outras bacias menores.

Desse modo, a compilação da cartografia básica sobre o Vale e, em especial a da Bacia do rio Araçuaí, que tem como objetivo essencial fornecer as bases para o conhecimento da capacidade do meio ambiente físico e de alguns processos a ele inerentes, intenta fornecer aos planejadores e gestores a ferramenta básica para um consistente programa de desenvolvimento sustentável, condizente com os propósitos referenciados anteriormente. Para tanto, o conhecimento do potencial dos recursos naturais regionais torna-se imprescindível para que se planeje uma utilização racional que contribua para a sustentabilidade regional.

Foram utilizadas técnicas cartográficas e o geoprocessamento para obter o Potencial Natural de erosão da bacia do Araçuaí através da USLE (Universal Soil Loss Equation).

Objetiva-se, com os mapas temáticos produzidos, dar subsídio aos estudos de sustentabilidade na área. O material elaborado poderá servir, também, como base cartográfica para que pesquisadores e estudantes possam obter dados georreferenciados sobre a bacia, através da Internet. Como produto complementar da dissertação, foi elaborado um atlas do Vale do Jequitinhonha, apresentado tanto na forma convencional (papel), como na forma digital, (Compact Disc-CD). Cada mapa é acompanhado de um memorial descritivo, contendo a metodologia usada na confecção e a análise resumida do evento apresentado.

Palavras-chave: SIG; Vale do Jequitinhonha; Bacia do Araçuaí; Atlas; Cartografia Digital; Minas Gerais; USLE.

ABSTRACT

In this work, thematic maps were elaborated focusing on the physical and environmental spaces and social-economical aspects of the “Vale do Jequitinhonha” in the State of Minas Gerais; and physical maps of the Basin of the “Araçuaí, tributary of the “Jequitinhonha” River. This Basin was chosen because it encloses 20.5% of the Vale’s area. It is of great importance for the maintenance of the water supply and for the agriculture. Therefore, it is justified to study it, as a case study, because the problems found there can happen in other smaller basins.

The objective of the basic cartographic compilation of the “Vale” and specially of the “Rio Araçuaí” basin is to supply the planners and administrators the fundamental system of knowledge of the capacity of the physical environment and some of its related processes, giving them, therefore, basic tools for a consistent sustainable development which will fulfil the aforementioned objectives. In order to plan a rational and practical use of this potential, which will provide for the regional support, it is of the utmost importance to know it well.

To obtain the Natural Potential of erosion of the “Araçuaí” Basin were used cartographic techniques and geoprocessing through the Universal Soil Loss Equation – USLE.

The objective of the maps made is to give support to the sustainability studies of the area. The compiled material could also be used as cartographic basis, so that researchers and students could obtain geo-referred data through the Internet.

As an additional, to supplement the dissertation, it was produced, both in paper and in digital (compact disc-CD), an atlas of the “Vale do Jequitinhonha”. Each map has a description of the used methodology and an analysis’ summary of the presented work.

Key-Words: SIG; Valley of the Jequitinhonha; Basin of the Araçuaí; Atlas; Digital Cartography; Minas Gerais; USLE.

1. INTRODUÇÃO

A região de estudo, Vale do Jequitinhonha, é uma das mais pobres do Estado de Minas Gerais, sendo também considerada, pelos parâmetros da UNESCO, uma das mais pobres do mundo. Diversos problemas são maximizados pela pobreza¹, entre os quais os ambientais, sob a forma de degradação e poluição. As questões ambiental e sócio-econômica do Vale do Jequitinhonha podem ser classificadas como de extrema importância, indicando que medidas devem ser tomadas tanto com relação à preservação, conservação e recuperação do Vale, quanto a alternativas de sobrevivência econômica para sua população.

Na região, a agricultura ainda é a principal atividade econômica. No entanto, justifica-se a necessidade de estudos abordando a sustentabilidade, dadas as condições ambientais do Vale e ao alto grau de impactos proporcionados por essa atividade, sobre os recursos naturais, levando ao desmatamento, à erosão dos solos, à poluição e à contaminação.

Para que propostas de sustentabilidade possam ser formuladas, é imprescindível o conhecimento espacial dos elementos dos quadros físico-ambiental e sócio-econômico e suas interações, o que pode ser oferecido por pesquisas geográficas por meio de várias abordagens das quais foi escolhida para este trabalho a construção de um atlas. Nesse sentido, foi feito um estudo cartográfico e aplicação da metodologia USLE para produção de mapas temáticos georreferenciados com o intuito de subsidiar estudos de sustentabilidade e de manejo de bacias, para a região do Vale do Jequitinhonha e, principalmente, para a Bacia do rio Araçuaí, seu tributário, pretendendo-se que os mesmos possam também servir de parâmetro para trabalhos em outras áreas.

¹ Sobre o assunto vide:

ALIER, J.M. La pobreza como causa de la degradación ambiental. Un comentario al Informe Brundtland. **Documents D'anàlisi Geogràfica**. n. 18, 1991. 55-73 p. Barcelona.

Esta pesquisa tem como objetivos específicos a produção de bancos de dados sociais, econômicos e naturais, de mapas digitais e convencionais da região do Vale do Jequitinhonha e da Bacia do rio Araçuaí; a caracterização da Bacia do Jequitinhonha e da Bacia do rio Araçuaí por meio da análise destas variáveis sob a forma de cartogramas e tabelas; a aplicação da metodologia do modelo USLE para a Bacia do rio Araçuaí, tributário da bacia do Jequitinhonha, para obtenção do PNE (Potencial Natural de Erosão) e a produção do Atlas digital e convencional.

Fazem parte do Atlas os mapas produzidos para a Bacia do Jequitinhonha: localização, hidrografia, divisão municipal, rodovias, temperaturas médias, precipitação média, deficiência hídrica, excedente hídrico, altimetria, vegetação natural, população, presença das lavouras, efetivo bovino, trabalhadores familiares e dos permanentes e aqueles da bacia do Araçuaí: mapas de localização, hidrográfico, hipsométrico, declividades, orientação de vertentes, uso da terra, um DTM – Modelo tridimensional da área, Potencial Natural de Erosão, solos e uma composição colorida das imagens de satélite. Ainda foram incorporados tabelas, gráficos, textos e fotos da área de estudo.

O trabalho que aqui se apresenta desenvolveu-se em quatro capítulos. O primeiro é introdutório e apresenta a localização, a estrutura político-administrativa, o histórico e a ocupação do Vale do Jequitinhonha. Apresenta também a Bacia do rio Araçuaí. O segundo trata da questão teórica nas pesquisas de cunho ambiental e descreve teoricamente os conceitos de sistema, sustentabilidade, análise ambiental em bacias e a Equação Universal de Perda dos Solos - USLE (*Universal Soil Loss Equation*). Aborda também a cartografia e o geoprocessamento nas pesquisas ambientais e suas características com a implementação da Cartografia digital e dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) ou *Geographical Information System* (GIS). No terceiro capítulo é descrita a pesquisa, mostrando os materiais a metodologia do trabalho, os produtos obtidos pela aplicação da metodologia da USLE, bem como a análise dos componentes do ambiente sócio-econômico do Vale e o Atlas Digital. No quarto capítulo são apresentadas as considerações finais do trabalho.

1.1. LOCALIZAÇÃO E ESTRUTURA POLÍTICO-ADMINISTRATIVA DO VALE DO JEQUITINHONHA

O nome Jequitinhonha, segundo a lenda, tem sua origem na língua tupi-guarani: "jequi" é armadilha em forma de um "puça" para pegar peixe. Os índios a chamavam de "onha". Armado o jequi no rio ao entardecer, de manhã o pai falava para o filho: "vai menino, vai ver se no jequi tem onha".²

O Vale do Jequitinhonha, região de planejamento VII³ (Figura 01), está situado a nordeste do Estado de Minas Gerais, entre os paralelos 15° e 18° de latitude sul e os meridianos de 40° e 43° de longitude oeste, possuindo uma área de 79.383,60 km².

Essa região de Planejamento inclui duas grandes bacias hidrográficas (FIGURA 02): a do rio Jequitinhonha e a do rio Pardo. A bacia do Jequitinhonha, que interessa a este trabalho, tem uma área total de 69.997 km², sendo que 93,6% estão em Minas Gerais. Inserida na grande bacia do Jequitinhonha, a Bacia do rio Araçuaí conta com uma área de 16.272 km², ocupando 20,5% da área total da bacia.

A região do Vale do Jequitinhonha constitui-se de 75 municípios (FIGURA 03), localizados em cinco microrregiões (FIGURA 03), a saber: **Alto Rio Pardo:** Águas Vermelhas, Berizal, Indaiabira, Fruta de Leite, Montezuma, Ninheira, Novorizonte, Rio Pardo de Minas, Rubelita, Salinas, Santa Cruz de Salinas, Santo Antônio do Retiro, São João do Paraíso, Taiobeiras, Vargem Grande do Rio Pardo; **Mineradora do Alto Jequitinhonha:** Botumirim, Cristália, Grão Mogol, Itacambira, Padre Carvalho; **Pastoril de Pedra Azul:** Araçuaí, Caraí, Comercinho, Coronel Murta, Cachoeira de Pajeú, Itaobim, Itinga, Josenópolis, Medina, Novo Cruzeiro, Padre Paraíso, Pedra Azul, Ponto dos Volantes, Virgem da Lapa; **Pastoril de Almenara:** Almenara, Bandeira, Felisburgo, Jacinto, Jequitinhonha, Joáima, Jordânia, Mata Verde, Monte Formoso, Palmópolis, Rio do Prado, Rubim, Salto da Divisa, Santa Maria do Salto, Santo Antônio do Jacinto; **Mineradora de Diamantina:** Angelândia,

² www.onhas.com.br

³ Conforme o Instituto de Geociências Aplicadas – IGA (1987).

Aricanduva, Berilo, Capelinha, Carbonita, Chapada do Norte, Couto de Magalhães de Minas, Datas, Diamantina, Felício dos Santos, Francisco Badaró, Gouvêa, Itamarandiba, Jenipapo de Minas, José Gonçalves de Minas, Leme do Prado, Minas Novas, Presidente Kubitschek, São Gonçalo do Rio Preto, Senador Modestino Gonçalves, Serro, Turmalina, Veredinha.

Os principais acessos terrestres à região do Vale são feitos através de rodovias federais pavimentadas, dentre elas, a BR 135, que liga Belo Horizonte à porção meridional do Jequitinhonha, conectando-se às Rodovias MG 259 e 367, bem como ao Vale do Rio Pardo e norte do Jequitinhonha, após a intersecção com a BR 251. A parte setentrional da Macrorregião de Planejamento VII é servida pela BR 116 (Rio - Bahia), que passa também pela Zona da Mata e Rio Doce (FIGURA 04).

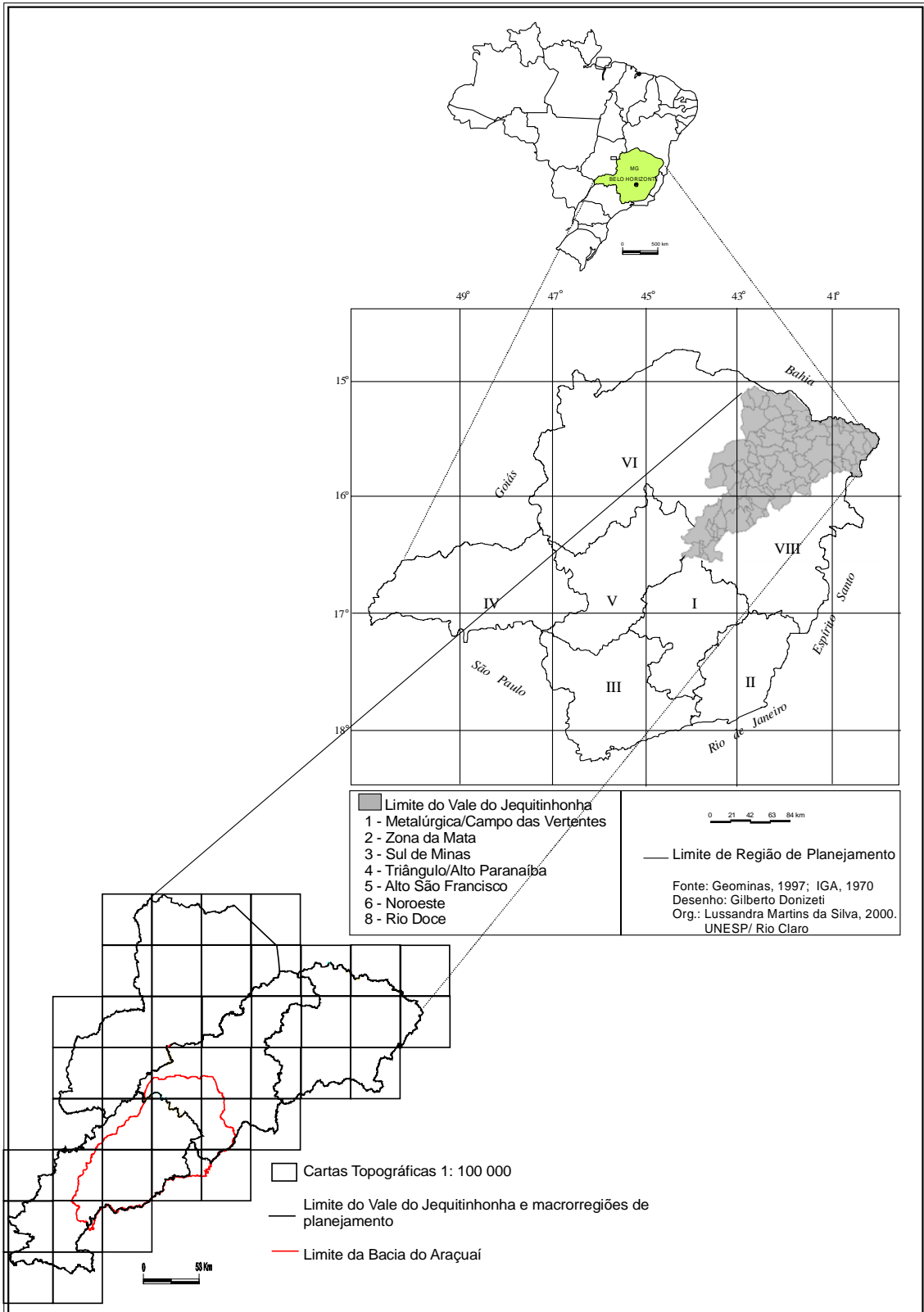


Figura 01 - Mapa de localização do Vale do Jequitinhonha e da Bacia do Rio Araçuaí

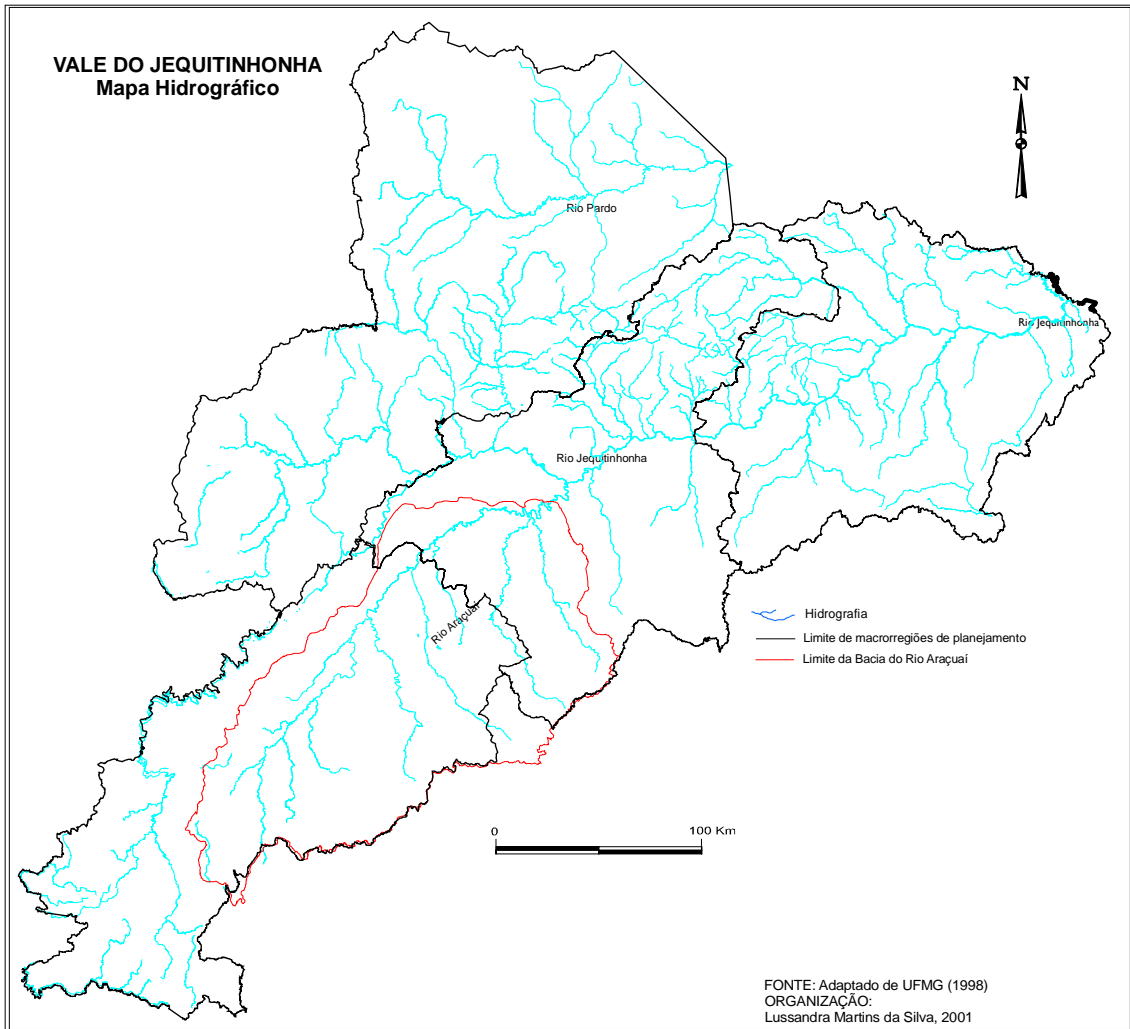


Figura 02 - Mapa Hidrográfico do Vale do Jequitinhonha

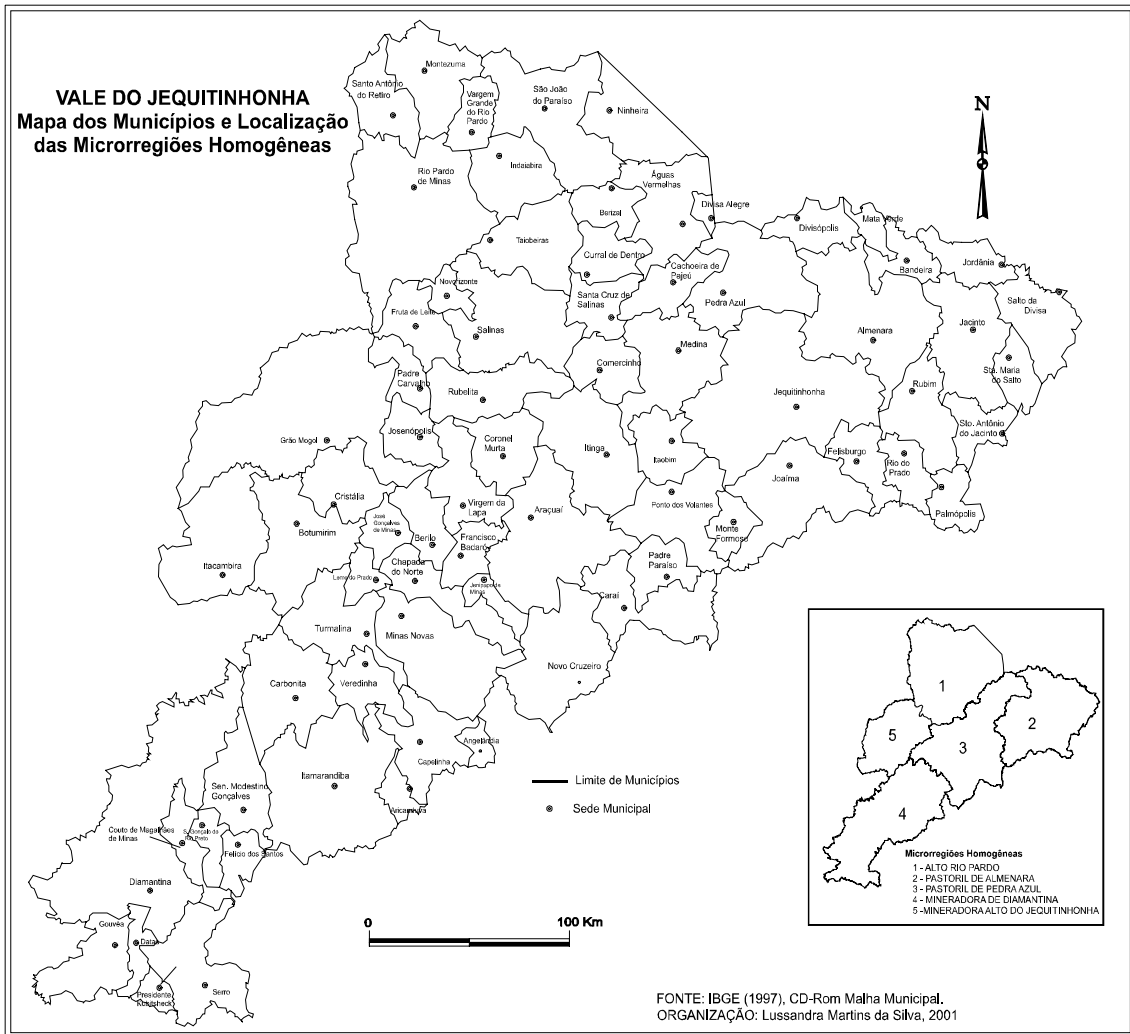


Figura 03 - Mapa da Divisão Municipal do Vale do Jequitinhonha e localização das Microrregiões Homôneas

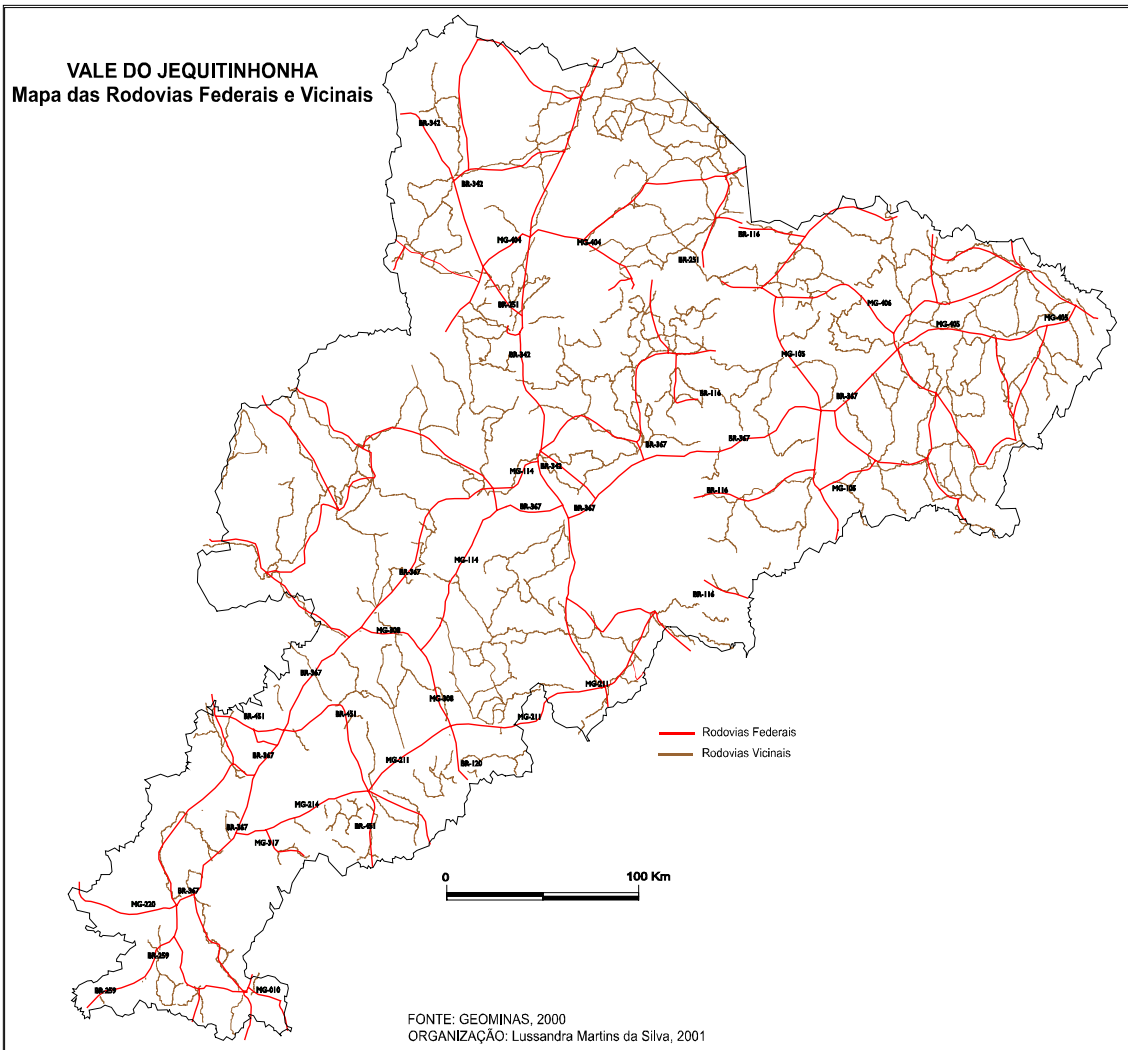


Figura 04 - Mapa das Rodovias Federais e Vicinais do Vale do Jequitinhonha

1.1.1. HISTÓRICO E OCUPAÇÃO

A ocupação do Vale do Jequitinhonha ocorreu principalmente em razão da descoberta de ouro e diamantes, nos primórdios do século XVII e fins do século XVIII, na região denominada, hoje, Alto Jequitinhonha. A região compreendida entre Diamantina e Araçuaí (alto curso do rio Jequitinhonha) é a de ocupação mais antiga, e seu povoamento foi induzido, além da mineração, pela agricultura destinada à sustentação daquela atividade, baseada no trabalho escravo. Nesse local foi fundado por Antônio Soares Ferreira - o Chefe da expedição - o arraial do Serro Frio, hoje *Serro*.

Moura. M (1993) descreve o surgimento desse arraial da seguinte maneira:

As cabeceiras do Rio Grande, hoje Jequitinhonha, foram atingidas por Fernão Dias Paes, na bandeira de 1674. Ela é precedida por diversas entradas, oriundas da Bahia (que) visavam à procura de riquezas minerais pelo Jequitinhonha e depois Rio Doce. Seu ponto de chegada é o Serro, então batizado de vila do Príncipe, situada numa área crucial da mineração no Nordeste de Minas, juntamente com Diamantina com a extração de diamantes, durante o século XVIII.

O arraial do Serro teve sua origem datada em 1674, emancipando-se em 1738. Posterior à origem do Serro, surgiu, em 1729, *Diamantina*, que foi elevada à categoria de município em 1832. Essa cidade teve respaldos político e social desde seu surgimento. Isso lhe confere até hoje, no cenário do Vale do Jequitinhonha, uma situação privilegiada, sobretudo dos pontos de vista sócio-econômico e cultural, o que lhe dá ainda um grande destaque regional. Sobre a formação e o gerenciamento desse município, na época do governo colonial, Prado Jr. (1971, p.62) relata que se demarcou cuidadosamente o território, onde se encontravam os diamantes, Distrito Diamantino, isolando-o completamente do exterior. O distrito vivia inteiramente isolado do país e possuía uma organização *sui generis*. Havia somente um intendente que ditava todas as regras do local. Não se podia sequer sair do arraial

sem sua prévia autorização. No final do século XVIII, o vilarejo contava com 5.000 habitantes. Outras áreas da colônia, onde se encontravam diamantes, também foram destacadas e isoladas ao longo do Rio Jequitinhonha.

A delimitação desse município e as severas regras de isolamento impostas pela Coroa fizeram com que a região do Vale do Jequitinhonha, desde o período colonial, tivesse problemas com a baixa diversificação das atividades econômicas que ali eram praticadas. Desse modo, a especialização em um só produto fez com que a economia do Vale se tornasse frágil, mesmo porque a produção era totalmente voltada para o mercado externo, inviabilizando um enriquecimento desses municípios.

A história, bem como a ocupação do Vale do Jequitinhonha, começaram a partir desses dois municípios, que hoje são mais importantes para a economia regional do Vale.

O povoamento do Médio Jequitinhonha *“nasce através do desenvolvimento da pecuária, que foi estabelecida em função da atividade principal - a mineração”* (MINAS GERAIS/SEPLAM, 1975, s. p). Posteriormente, com a decadência da mineração, a população migrou para outras áreas do Vale, dispersando-se para os vales que margeiam os mais importantes rios da região. Nesses locais, o permanente desenvolvimento da pecuária extensiva, com custos extremamente baixos, garantiu a essa atividade sólida posição no mercado regional. Além disso, *“a facilidade de aglutinação de extensas porções de terras facilitou, desde o início da sua colonização, o surgimento de latifúndios e o predomínio absoluto destes”*. (MG/SEPLAM, 1975, s. p)

Os mais antigos povoados do Jequitinhonha, criados no primeiro século do povoamento de Minas Gerais, são Serro, em 1674, Rio Pardo de Minas, em 1690, Minas Novas, em 1725, Virgem da Lapa, em 1728, Diamantina, em 1729 e Itamarandiba, em 1840.

A data de emancipação dos municípios do Serro (1738), Grão Mogol (1759) Diamantina (1832), Minas Novas (1840), Itamarandiba (1862), Rio Pardo de Minas (1872) Capelinha (1911) e Virgem da Lapa (1948) demonstra que suas evoluções administrativa e a histórica ocorreram muito cedo se comparadas à de outros municípios de Minas Gerais. Apesar desse fato, suas atividades econômicas tiveram um ápice no período colonial, quando da mineração, e não persistiram, uma vez que as divisas geradas por essa atividade econômica iam diretamente para o exterior, não levando à dinamização da economia local. No entanto, algumas dessas cidades ainda são as mais importantes economias regionais do Vale, tendo população urbana superior à de outros municípios, o que indica maior dinamização e centralização econômica do setor terciário.

Em decorrência desses aspectos permanecem, ainda hoje, no Vale, problemas econômicos e estruturais existentes desde a implantação de suas primeiras cidades, referentes:

ao fenômeno demográfico (populacional) que se manifesta sob a forma de um “esvaziamento” da área através do tempo. Tendo emergido os primeiros núcleos urbanos por volta do século XVII, em função da abundância de recursos minerais exploráveis, a região como um todo, assim como os municípios pertinentes, entraram em processo de declínio ou estagnação, econômica ou social, devido à decadência verificada na atividade de mineração, proeminente na época
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (1975, p.2).

O reflexo desses processos, ainda hoje, na região de estudo é a pobreza, característica presente na maioria dos municípios, principalmente os que se localizam na parte norte da bacia, que vivem principalmente da subsistência e da pecuária extensiva e sofrem com as secas frequentes. São municípios que não apresentam desenvolvidos nenhum dos setores econômicos, inexistindo soluções práticas para minorar essa crítica situação. Os demais municípios também enfrentam o mesmo problema, no entanto, tem-se desenvolvido, em poucas cidades ao sul do vale, a atividade turística que gera divisas e dinamiza o setor terciário.

1.1.2. LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO ARAÇUAÍ E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

A Bacia do rio Araçuaí, área da aplicação do modelo USLE, tem como eixo e rio principal o Araçuaí (FIGURA 05), que tem uma extensão de 250 km, sendo um dos principais afluentes da margem direita do rio Jequitinhonha e abrange duas macrorregiões de planejamento. A bacia está compreendida entre os paralelos 16°46'00" e 18°15'00" de latitude sul e os meridianos 41°40'00" e 43°30'00" longitude oeste. Ela compreende 13 cartas de escala 1:100 000 com a seguinte articulação: Grão Mogol, SE-23-X-B-V; Araçuaí, SE-23-X-B-VI; Itaobim, SE-24-V-A-IV; Itacambira, SE-23-X-D-I, Minas Novas, SE-23-X-D-II, Genipapo, SE-23-X-D-III; Novo Cruzeiro, SE-24-V-C-I; Carbonita, SE-23-X-D-IV; Capelinha, SE-23-X-D-V; Malacacheta, SE-23-X-D-VI, Teófilo Otoni, SE-24-V-C-IV; Rio Vermelho, SE- 23-Z-B-I e São Sebastião do Maranhão, SE-23-Z-B-II.

Fazem parte desse recorte os 22 municípios (FIGURA 06): Araçuaí, Angelândia, Aricanduva, Berilo, Capelinha, Carbonita, Chapada do Norte, Felício dos Santos, Francisco Badaró, Itamarandiba, Jenipapo de Minas, José Gonçalves de Minas, Leme do Prado, Minas Novas, Novo Cruzeiro, São Gonçalo do Rio Preto, Senador Modestino Gonçalves, Turmalina, Veredinha, Virgem da Lapa. Somam-se ainda dois outros municípios de outra região administrativa, que estão ao sul e leste da bacia, respectivamente, Rio Vermelho e Setubinha.

VALE DO JEQUITINHONHA
Mapa Altimétrico

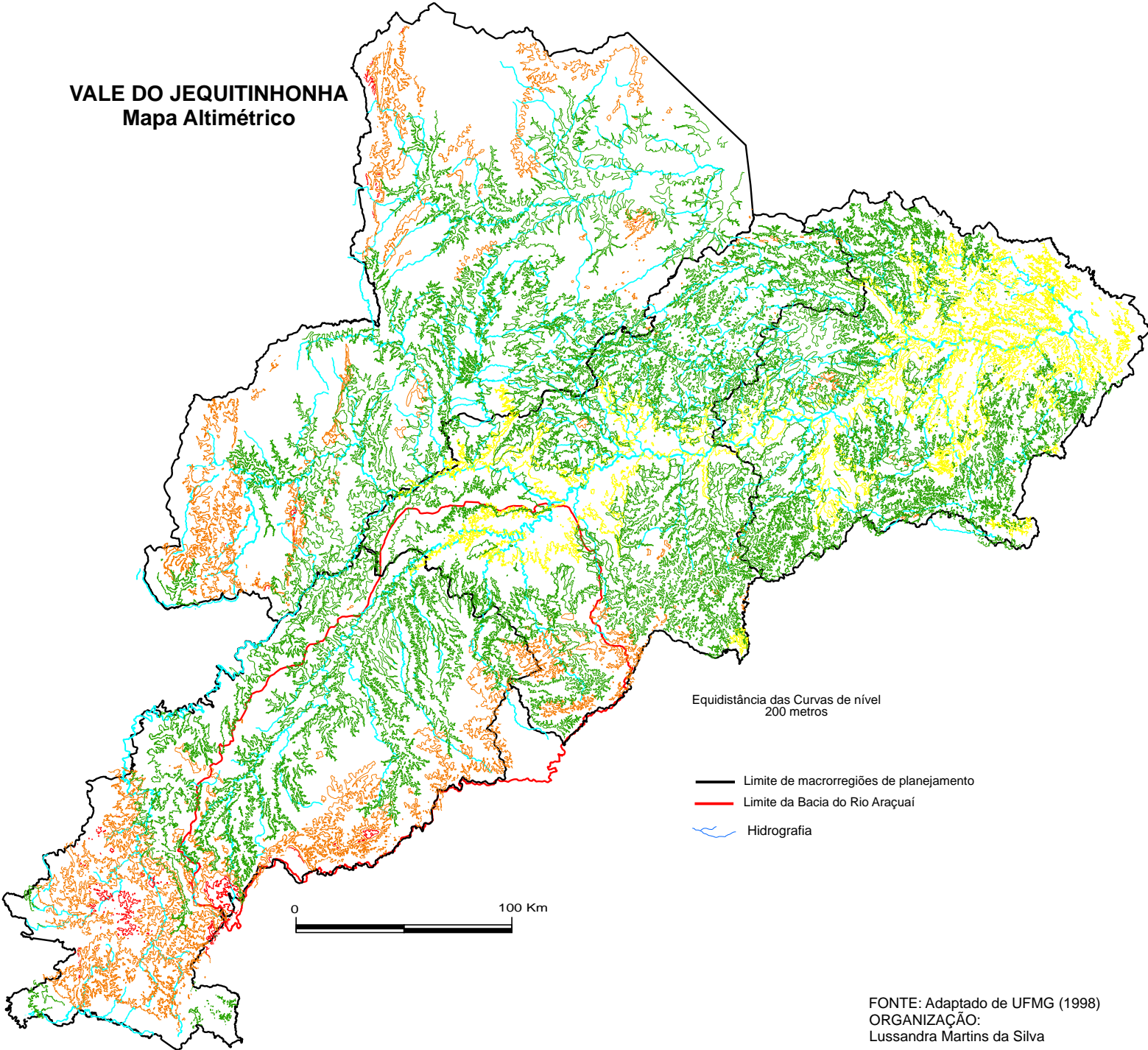


Figura 05 - Mapa Altimétrico do Vale do Jequitinhonha

FIGURA 6 - MAPA DA TEMPERATURA MÉDIA ANUAL DE MINAS GERAIS E DO VALE DO JEQUITINHONHA

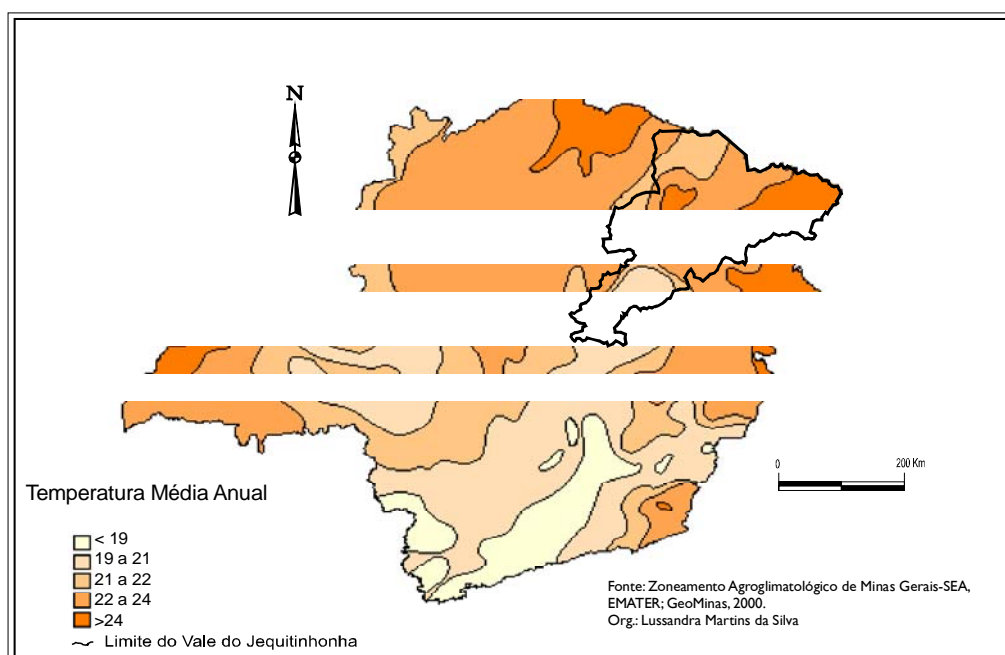
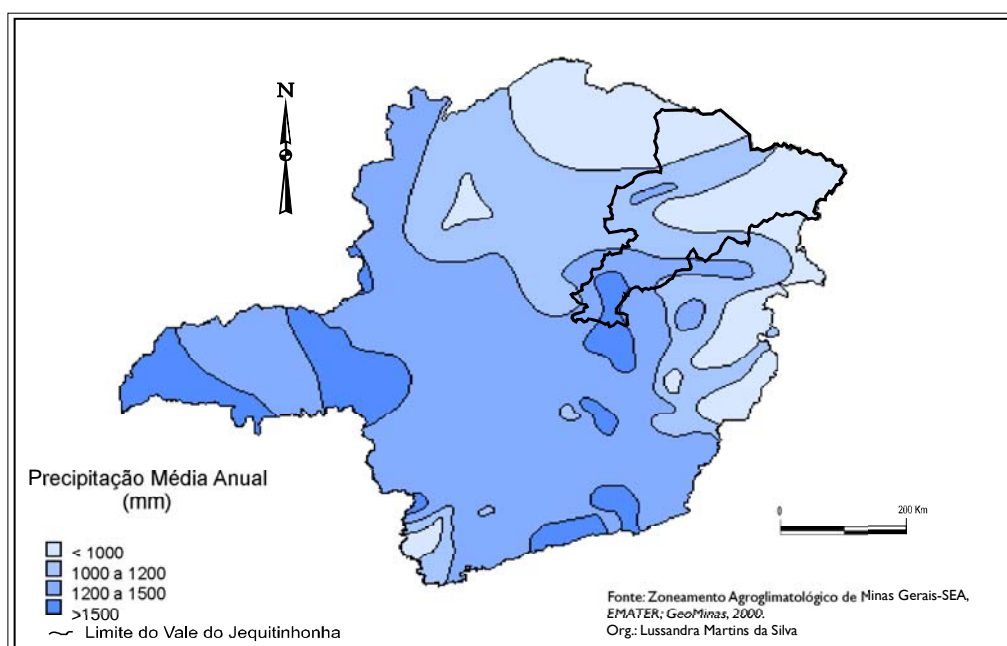


FIGURA 7 - MAPA DA PRECIPITAÇÃO MEDIA ANUAL DE MINAS GERAIS E DO VALE DO JEQUITINHONHA



Os aspectos geomorfológicos dessa bacia compreendem três feições: as serras, ao sul, as chapadas, predominantes na margem esquerda, e as depressões, que aparecem nas cotas de 300 a 600 metros de altitude.

A região das Serras é composta pela Serra do Espinhaço, na qual nascem os principais afluentes do rio Araçuaí e que se constitui no divisor de águas entre as bacias do Jequitinhonha e Doce. As cotas altimétricas estão em torno de 1000 e 1300 metros, ultrapassando em Diamantina, setor sul, os 1600 metros.

Na região das chapadas, a formação São Domingos, constituída de sedimentos detríticos do Cenozóico, tem altitudes entre 800 e 1200 metros. As depressões constituem-se de rochas metamórficas neo-proterozóicas do Grupo Macaúbas e aparecem com altitudes entre 300 e 800 metros (DINIZ *et al.* 2001).

Com referência à hidrologia, ocorrem na bacia dois períodos bastante distintos: “a vazão básica, advinda da descarga dos aquíferos freáticos, e a do escoamento superficial (runoff), proveniente da água precipitada na bacia” (DINIZ *et al.* 2001, p. 106).

O clima da bacia do Araçuaí, segundo Pereira *et al.* (2000), é Tropical Continental de Transição (úmido a semi-árido), ou seja, é úmido nas nascentes, tendendo a semi-árido na foz. A pluviosidade oscila entre 700 e 1400 mm anuais. O trimestre mais chuvoso é novembro, dezembro e janeiro, com valores entre 400 e 750 mm, concentrando entre 49 e 59 % do valor precipitado. O trimestre mais seco é junho, julho e agosto, com 8 e 100 mm, concentrando entre 1 e 25% das chuvas. O déficit hídrico está entre 100 e 700 mm, a evapotranspiração tem valores de 900 e 1300 mm. Os excedentes possuem valores entre 0 e 300 mm, da foz em direção às nascentes de dezembro a janeiro.

A vegetação da área é composta por 47.7% de cerrados, caatingas, e matas ciliares, distribuídos por toda a bacia e campos de altitude localizados nas cotas de 1200 a

1650 metros. As pastagens constituem 23,99% da bacia, localizam-se no baixo curso do rio, nas altitudes de menos 300 metros. O reflorestamento, nas chapadas, representam 14,05%.

Os principais tipos de solos⁴ encontrados na bacia são podzólico vermelho escuro (27,6%), podzólico vermelho amarelo (26,9%), latossolo vermelho amarelo (18%). Latossolo vermelho escuro (17,4%), litossolo (5,5%), afloramento (2,6%), latossolo amarelo (0,6%) e cambissolo (1,4%). Devido à escala generalizada utilizada, pode-se inferir que os mesmos são definidos como associação de solos.

⁴ Mapa retirado da Geominas (Mapa de Solos de MG), que indica, em nível exploratório, a distribuição das manchas de solo do Estado. O Mapa fonte é da Tese apresentada à ESALQ/USP. Aptidão Agrícola do Estado de Minas Gerais – Avaliação e Adequação. AMARAL (1993).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A TEORIA NAS PESQUISAS AMBIENTAIS

Optou-se, neste estudo, como base teórico-metodológico, trabalhar com a abordagem sistêmica, que se mostra coerente e condiz com os objetivos da pesquisa. É imprescindível o entendimento dos fatores envolvidos nessa abordagem, pois, segundo Bunge⁵, citado em Coffey (1981, p. 45), a teoria “*is the heart of science because scientific theory is a key to the puzzles of reality*”. Por isso atenção especial é dada a essa parte do trabalho, em que se desenvolverão conceitos sobre teoria nas pesquisas ambientais. Para esse item foram utilizadas bibliografias referentes à abordagem sistêmica, à sustentabilidade, à análise ambiental em bacias hidrográficas e à *Universal Soil Loss Equation (USLE)* ou *Equação Universal de Perda de Solos (EUPS)*.

2.1.1. SISTEMAS

A Abordagem Sistêmica começou a se delinear a partir do trabalho de Bertalanffy (1933) sobre teorias modernas de desenvolvimento aplicadas à biologia e culminou na Teoria Geral dos Sistemas, publicada em vários artigos, como por exemplo: “*The theory of open systems in physics an biology*” e “*An outline of general systems theory*” (BERTALANFFY, 1950 a, b), os quais enfocavam aplicações na termodinâmica e na biologia. O trabalho conclusivo de Bertalanffy: **General Systems Theory** (Foundation, Development, Application) foi publicado em 1968. Mais tarde, em 1973, este livro foi publicado em português com o nome de **Teoria Geral dos Sistemas**⁶. Essa abordagem foi paulatinamente aplicada “*aos estudos geográficos e serviu para melhor focalizar as pesquisas e para delinear com maior exatidão o setor de estudo dessa ciência*” (CHRISTOFOLETTI, 1979, p. XI). Os

⁵ BUNGE, W. **Theoretical geography**, 2 ed. Lund: Gleerup, 1966.

⁶ BERTALANFFY. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973. 351 p

primeiros autores a aplicarem esse conceito na geografia foram Chorley (1962); Chorley; Kennedy (1971), Strahler *et al.* (1978) e principalmente na geomorfologia Chorley; Hugget (1969, 1975).

Bueno (2001) caracterizou três períodos históricos dessa abordagem sistêmica na geomorfologia e na pedologia. O primeiro período, remonta do século XIX e início do século XX, quando predominam os estágios de evolução inspirados na biologia. No entanto, o fator tempo é considerado como variável fundamental na evolução geomorfológica. No segundo período, a abordagem sistêmica foi vista como funcional, “*voltada para as relações entre processos e as formas de relevo*” (BUENO, *op. cit.*, p. 15). Nesse período aparecem duas idéias principais sobre **eqüifinalidade**⁷ e **estado estacionário**⁸. No período final, o terceiro, novas definições surgiram, principalmente a de **descontinuidade**⁹ e de **limiar** e a introdução de “*questionamentos sobre a validade da aplicação generalizada dos conceitos de termodinâmica linear (próximos ao equilíbrio) aos sistemas estudados pela ciência da terra*” faz-se proeminente.

Relacionado a isso, faz-se necessário definir os termos relativos à Abordagem Sistêmica, começando pelo mais abrangente e que dá nome à teoria: “sistemas”. Hall E Fagen¹⁰ (1956, p.18); Thornes E Brunsden¹¹ (1977, p.10), citados em Christofolletti (1979, p.1), definem, respectivamente, **Sistema** “*como conjunto dos elementos e das relações entre eles e entre os seus atributos*” e “*conjunto de objetos*

⁷ **Equifinalidade** significa que o mesmo estado final de um sistema pode ser alcançado partindo-se de diferentes condições iniciais e por diferentes maneiras (BERTALANFFY, 1973)

⁸ **Estado estacionário** significa “o estado independente do tempo em que o sistema permanece constante como um todo e em suas fases, apesar de haver um contínuo fluxo de materiais” (BERTALANFFY, 1950). Vide mais sobre o tema em BUENO (2001).

⁹ “As **descontinuidades** ao longo de uma evolução são marcadas, geralmente, pela presença de limiares”(BRUNET, 1967). Um **limiar**, em geomorfologia ou geografia física, é um limite superior de algum processo cumulativo além do qual uma sequência particular de eventos termina e uma sequência nova é introduzida”.(FAIRBRIDGE, 1980). Os autores citados aqui foram citados em BUENO (2001)

¹⁰ HALL, A. D.; FAGEN, R. E. Definition of systems. **General systems yearbook**, 1: 18-26, 1956.

¹¹ THORNES, J. B. E BRUNSDEN, D. **Geomorphology and Time**. Methuen &Co., Londres, 1977. 209 pg.

ou atributos e suas relações, que se encontram organizados para executar uma função particular”.

Assim, é de fundamental importância a interação entre as partes do conjunto que exercem influência sobre as demais. Sotchava (1977, p.2) enfatiza que a geografia física *“baseada nos princípios sistêmicos, pode ocupar posições firmes na moderna geografia aplicada [...] e sugerir medidas para o desenvolvimento e reconstrução de seus territórios. Deve-se estudar, não os componentes da natureza, mas as conexões entre eles”.* No mesmo sentido, Herrero (1994) incorpora a esfera humana à rede de sistemas e relata

Both human and environmental systems are interconnected by networks and chains of interdependency relations (with clear critical links) and interact, impelled by driving forces which are expressed through extremely complex and little-known feedback mechanisms. Decisions about their relations, forms and moments of action require in-depth systemic study of the root causes and symptoms of global problems in order to confront them.

Considerando a definição de sistemas abertos, (CHRISTOFOLETTI, 1979), como aqueles nos quais ocorrem constantes trocas de matéria e energia e, transportando esses entendimentos para uma bacia hidrográfica, constata-se que esta se ajusta perfeitamente àquela abordagem, pois aí ocorrem *“inputs”* e *“outputs”* de energia e matéria, (entrada de chuva e saída de sedimentos), demonstrando funcionamento integrado de todos os seus componentes.

2.1.2. ANÁLISE AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Executar uma análise ambiental, baseando-se na abordagem sistêmica, pressupõe avaliar o espaço e, conseqüentemente, o ambiente, objetos de estudo da geografia. Segundo Silva (1995, p.21), *“ambiente é um [...] Conjunto de fatores atuando em um determinado espaço e funcionando coordenadamente.* Conforme Christofolletti (1999, p. 36), o **meio ambiente** *“é constituído pelos sistemas que interferem e*

condicionam as atividades sociais e econômicas, isto é, pelas organizações dos elementos físicos e biogeográficos". Dessa forma, entende-se o "ambiente como sistema de relações e interações múltiplas entre o sistema natural (ecológico) e um sistema antrópico (cultural ou sócio-econômico) Sánchez et al. (1995).

Christofoletti *op. cit.* (1999) esclarece que o termo **ambiente** pode ser usado tanto para questões em escala pontual, muito pequena, como em escala global.

Dessa forma, fica evidenciado que uma bacia hidrográfica é um recorte espacial do ambiente, que para ser estudado necessita da compreensão de suas partes como elementos de um conjunto. Silva; Souza (1987)¹², citados em Prochnow (1990, p.12) apontam que

Analisar um ambiente equivale a desmembrá-lo em termos de suas partes componentes e apreender as suas funções internas e externas, com a conseqüente criação de um conjunto integrado de informações representativo desse conhecimento adquirido.

Para que se faça essa análise, é importante conhecer a definição conceitual de bacia hidrográfica. Segundo Christofoletti (1980), é a "... área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial". De acordo com Guerra; Guerra (1997, p.76-77), é um "conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. Inclui-se também uma noção de dinamismo, por causa das modificações que ocorrem nas linhas divisoras de água sob o efeito dos agentes erosivos, alargando ou diminuindo a área da bacia". Conforme o Glossário de Ecologia (1997, p. 21), "... é a área total dos fluxos d'água e dos recursos hídricos superficiais e sub-superficiais, que participam de uma bacia hidrográfica (ou sub-bacias, microbacias, torrentes), exceção feita aos setores de drenagem criptorréicos". Para Ross; et al. (1998), "a bacia hidrográfica, quer seja ela de 1ª, 2ª, 3ª ou 4ª ordens, constitui uma unidade natural, cujo elemento integrador está representado pelos leitos fluviais ou canais de drenagem naturais".

¹² SILVA, J. X; SOUZA, M. J. L de. **Análise Ambiental**. Rio de Janeiro, UFRJ, 1987, 196 p.

Ficam evidenciadas, nas conceituações sobre ambiente, meio ambiente e bacia hidrográfica as noções de conjunto, atuação, coordenação dos fatores físicos e sócio-ambientais, dinamismo e fluxo, principalmente de água. Tudo isso somado implica na configuração de um sistema. Em conseqüência, *“o que acontece no alto de uma bacia hidrográfica vai refletir-se em suas partes mais baixas. Daí a importância de se tratar os problemas ambientais numa bacia hidrográfica também de forma sistêmica, global”* (NASCIMENTO, 1998, p. 20).

Porém, deve-se tomar cuidado com alguns problemas ao se utilizar a bacia hidrográfica como objeto de estudo, principalmente no que diz respeito ao planejamento, baseado em parâmetros essencialmente físicos, pois as questões sócio-econômicas não são delimitadas tão facilmente como os limites físicos de uma bacia; elas ultrapassam os limites político-administrativos.

Mesmo com essa limitação, é uma tendência mundial o trabalho com bacias hidrográficas e a busca pela integração de todos os fatores nela envolvidos, pois hoje as pesquisas buscam estar em consonância com a *“... possibilidade de construção de uma sustentabilidade, que deve levar em conta os princípios extraídos dos recentes avanços nos paradigmas e teorias científicas”* (ROHDE, 1995, p.48).

Para diagnosticar a sustentabilidade, é imprescindível mensurar os fatores sócio-econômico-ambientais, o que pode ser feito mediante gestão, zoneamento, monitoria ou manejo, que são obtidos através de uma pesquisa que leve em conta as características descritas.

Segundo Giometti (1998, p. 24), a bacia hidrográfica *“pode ser considerada uma unidade de estudo, e como tal, possibilitará a implantação e execução em sua área de projetos com amplo espectro, que visem reverter o quadro de degradação, pois propiciará a elaboração/execução do planejamento ambiental [...]”*.

Dessa forma, a bacia hidrográfica tem sido bastante utilizada pelos pesquisadores como recorte espacial, principalmente, pela fácil delimitação, por meio de seus limites geográficos nítidos (a maior cota altimétrica que faz a divisão das águas das diferentes bacias) e pela capacidade de isolamento das partes constituintes do sistema (como solo, geomorfologia, geologia, hidrografia, clima, vegetação). Nessa bacia, podem-se aplicar técnicas da abordagem sistêmica que mensurem os *inputs* de matéria (como produtos de alteração e pedogênese das rochas, água) e *output* de matéria (como sedimentos e água), bem como o armazenamento positivo ou negativo de sedimentos. É permitida, também, a análise da dinâmica e da interação dos sistemas através do fluxo de matéria, culminando no entendimento das condições atuais da bacia, ou seja, condições de equilíbrio e desequilíbrio, sobre como está a fragilidade do sistema e sobre o seu futuro. Isso é útil principalmente nos estudos que buscam a sustentabilidade, pois para se manterem condições ambientais compatíveis com o funcionamento da bacia, é de fundamental importância conhecer seus limites, sua fragilidade, para poder fazer um zoneamento eficaz, condizente com o (*input* e *output*) de energia e matéria.

Para que os estudos em SIG, em uma bacia hidrográfica, sejam viáveis, toma-se como base, analogicamente ou por meio digital, a carta topográfica que possibilita sua delimitação e oferece, também, elementos básicos de localização, como: de referência (lat./long. e UTM), de sistematização [articulação de folhas que envolvem a bacia] e de proporção (*escala*). (CASTRO 2000b)

Nas pesquisas ambientais tanto os mapas relacionados ao relevo, como os morfométricos, são importantes, conforme observa Martinelli (1993, p.316):

Os primeiros mapas geomorfológicos nasceram no início do século, na tentativa de mostrar com maior fidelidade a forma das vertentes no trecho do relevo compreendido entre duas curvas de nível consecutivas. Primeiro houve um cuidado com o aspecto qualitativo. Depois, passou-se a representar valores quantitativos, exprimindo, assim, melhor a evolução das formas de relevo.

A partir da introdução de dados digitais e do geoprocessamento nas pesquisas geográficas ocorreram grandes modificações no processo de elaboração dos mapas. Em face disso, os trabalhos realizados em bacias hidrográficas também sofreram impactos devido à introdução dos aparatos computacionais, que, segundo Castro (2000b, s.p), “... atingiram a análise de bacias hidrográficas no que diz respeito à morfometria do relevo” cujos dados gerados pelos Modelos Digitais de Terreno e dos algoritmos de interpolação, tornando dinâmica a produção desses mapas.

Várias pesquisas¹³, atualmente, mostram que os estudos ambientais voltam-se para as bacias hidrográficas, para o uso do SIG e para perda de solos, pois “o manejo de microbacias hidrográficas visa promover a proteção de água, solo e outros recursos ambientais, essenciais à sustentabilidade da atividade econômica, ao controle da degradação ambiental local e à jusante da microbacia e à equidade social” (BRASIL,1995, p.21).

Esses trabalhos, que visam a entender o funcionamento dos processos geomorfológicos, envolvendo perda de solos, crescem no país, embasados, principalmente, na proposta de Wischmeier & Smith (1978). Segundo Tavares (1986), citado por Oliveira, A. (2000, p.21),

As bacias hidrográficas constituem-se em excelente referencial para estudo sobre erosão e preservação dos solos. Além de unidades da superfície terrestre naturalmente delimitada, nelas à medida que os rios escavam seus vales as vertentes assumem suas formas, e todo um conjunto de feições topográficas é delineado. Os diversos componentes da paisagem relacionam-se uns aos outros e ajustam-se aos fluxos de massa e energia que circulam através da bacia.

¹³ BERTONI; LOMBARDI NETO; BENATTI Jr. (1975); TAVARES (1993); PINTO (1983); TAVARES (1986); SCOPEL (1988); PROCHNOW (1990); PINTO (1991); DONZELI *et al.* (1992); VALÉRIO FILHO (1995); RANIERI (1996); CUNHA (1997); NASCIMENTO (1998); VALERIANO (1999); OLIVEIRA, A. (2000); TAVARES (2000); VALERIANO (1999)

Ao se referir à sustentabilidade nas análises ambientais, os autores chegam a mencionar os termos ou até mesmo a expor princípios da sustentabilidade sem avançar na sua aplicabilidade ou em sua gestão, Prochnow (1990, p. 13) preconiza que:

O planejamento de uma bacia hidrográfica requer um conjunto de procedimentos que promova o uso correto dos seus recursos naturais, tendo como objetivos: um desenvolvimento sustentado da bacia, aumentar a qualidade de vida das populações, bem como preservar e conservar o ambiente.

Segundo Christofolletti (1999, p. 172), já existe um parâmetro para o cálculo da sustentabilidade ambiental desenvolvido na Holanda, que leva em consideração quatro fatores, tais como, população (**P**), mercadoria e serviços (**MS**), energia e recursos (**ER**) e impacto ambiental (**IA**), os quais influenciam na pressão ambiental (**PA**), cuja fórmula é a seguinte:

$$PA=1/DS=(\Sigma P)* MS/P* ER/MS* IA/ER$$

De acordo com Christofolletti (1996, p.32), “... quando se deseja estabelecer indicadores geomorfológicos para analisar a sustentabilidade ambiental, uma preocupação relevante consiste em escolher a unidade espacial básica para o referencial analítico”. Assim, o autor refere-se às bacias hidrográficas como unidades básicas por serem unidades funcionais integrativas e com expressividade espacial, “... sendo sistemas ambientais complexos em sua estrutura, funcionamento e evolução”. Segundo Ribeiro (2001, p. 246),

A questão, sustentabilidade e sistema, é verificada pelo princípio de que para ocorrer sustentabilidade é necessário o equilíbrio entre entradas e saídas de matéria e energia, este equilíbrio pode ser apresentado pela relação dos recursos naturais com relação a um certo indicador, que pode ser mensurado, quantificado ou qualificado, de acordo com critérios definidos.

Nesse sentido, não se podem criticar os caminhos das pesquisas brasileiras, pois são trabalhos como esses que propõem as bases para se chegar a uma síntese e a uma metodologia aplicada ao nosso caso. O que se percebe, nas pesquisas, são trabalhos que tentam adotar as técnicas e as abordagens metodológicas oriundas dos outros países. Mesmo assim, Silva (1995, p.18) alega que

não há nada de errado na adoção de perspectivas, métodos e técnicas oriundos do exterior [...] É preciso notar, que há uma tendência para a aceitação não questionada dessas perspectivas, métodos e técnicas, caracterizando-se, assim, o que já denominamos Pesquisa Ambiental Reflexa no Brasil.

Portanto, precisa-se questionar e principalmente tentar utilizar os conceitos de uma forma compreensível, uma vez que se utiliza uma gama enorme de termos oriundos de ciências diversas. Silva (1995, p.15) explica:

Na pesquisa ambiental entrecruzam-se terminologias tanto oriundas de campos científicos específicos como a Biologia, a geografia, a geologia, como as oriundas de tecnologias aplicadas à pesquisa ambiental, como são os casos do Sensoriamento Remoto e do Geoprocessamento.

Devido a essa conjugação de termos provenientes de ciências distintas e que acabam por se integrarem a outras ciências, nesse caso a Geografia, cabe, nesta pesquisa, ressaltar e elucidar termos recorrentes em estudos que envolvem bacias hidrográficas como unidades de estudo.

Entende-se “*por **gestão e/ou gerência** de bacia hidrográfica, a forma pela qual se pretende equacionar e resolver questões ambientais nela existentes, mediante procedimentos integrados de planejamento e de administração*” (PROCHNOW, 1990, p.19).

Para Valério Filho (1995, p. 136):

O manejo de bacias hidrográficas deve ser entendido como um conjunto de procedimentos resultantes do trabalho

integrado, multi-interdisciplinar voltados para a identificação e indicação de opções de solução aos problemas que atuam nos sistemas ambientais, os quais sempre conduzem à deterioração dos recursos naturais e dos sistemas produtivos.

De acordo com Christofolletti (1999, p. 162), “o planejamento ambiental envolve-se com os programas de utilização dos sistemas ambientais, como elemento condicionante de planos nas escalas espaciais do local, regional e nacional [...]”. Segundo o mesmo autor o adjetivo ambiental deve ser usado para categorizar os componentes e as características funcionais e dinâmicas dos sistemas que suportam a existência dos seres vivos.

Silva (1995, p.21-24) apresenta termos e conceitos indispensáveis em um trabalho de cunho analítico-ambiental:

Monitoria ambiental [...] Conjunto complexo de operações de transformação de dados previamente inventariados, que se destina a acompanhar as modificações ambientais julgadas relevantes e utiliza base de dados geocodificada (que preferencialmente deve ser um Sistema Geográfico de Informação) para execução das análises e reestruturação de dados que operacionalmente a compõem;

Manejo ambiental [...] Conjunto de procedimentos de inspeção a controle com os quais se procura direcionar a utilização de uma extensão espacial inventariada e monitorada.

Segundo Ribeiro (2001, p. 246)

o zoneamento ambiental¹⁴ é um instrumento político e técnico do planejamento, cuja finalidade última é otimizar o uso do espaço e as políticas públicas. Como instrumento técnico de informação fornece elementos necessários para planejar a ocupação racional e o uso sustentável dos recursos naturais [...] e informações integradas em bases georreferenciadas e classifica o território segundo suas potencialidades e vulnerabilidades ambientais. Como instrumento de

¹⁴ Vide:

SÁNCHEZ, R.O; SILVA, T.C. Zoneamento ambiental: uma estratégia de ordenamento da paisagem. **Cadernos de Geociências**, Rio de Janeiro, n. 14, p. 47-53. abr./jun. 1995.

planejamento, possibilita a gestão do território visando o desenvolvimento sustentável.

Uma das formas de se praticar o zoneamento ambiental melhorando o tipo de manejo e uso do solo é através das práticas de conservação que devem ser seguidas, em certas áreas da bacia, após resultados obtidos em pesquisas, entre as quais pode ser utilizada a metodologia da USLE.

No entanto, faltam ainda autores que trabalhem com bacias aplicando a metodologia que envolva a sustentabilidade; poucos foram encontrados na bibliografia. Cita-se, principalmente, o IBGE (1998b) que em sua metodologia utilizou a **ecodinâmica** e a sustentabilidade ambiental para chegar ao **zoneamento** ecológico-econômico e também os trabalhos organizados pelo PLANVALE¹⁵, que analisam o Vale do Jequitinhonha/MG no que concerne a estudos de **manejo** de bacias, remetendo-se à sustentabilidade. Um dos exemplos é o que identificou nove microbacias rurais com níveis críticos de utilização dos recursos naturais, as quais terão um gerenciamento permanente, buscando atingir níveis de sustentabilidade que só serão alcançados mediante a sistemática aplicação de técnicas e métodos de acompanhamento para monitoramento.

Outro trabalho sobre sustentabilidade e vulnerabilidade de solos é intitulado *“Modelagem Preliminar de dados físico-bióticos e sócio-econômicos na geração de mapas-síntese como subsídio à gestão do Estado de Minas Gerais (OLIVEIRA, M. et al., 2000)”*. Esse trabalho irá integrar, modelar e tratar os dados dos municípios de Minas Gerais. O objetivo do trabalho é criar um zoneamento ecológico-econômico, embasado no potencial social, produtivo, institucional e natural. Isso gerará mapas síntese de níveis de sustentabilidade, resultados do cruzamento da potencialidade social e vulnerabilidade à erosão. Esse mapa cruzado como o de áreas de uso restrito culminará no mapa de gestão do território de Minas Gerais.

¹⁵ BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal –SRH. **Plano diretor de recursos hídricos para os vales do Jequitinhonha e Pardo. (PLANVALE)**. Brasília, 1996. Não paginado. (Relatório do Plano Diretor). R7,V.6.

Trabalhos que envolvam uma área com dimensão territorial como a da bacia do Araçuaí, ainda são mais difíceis, mas encontram-se na literatura algumas pesquisas recentes, como “*O zoneamento ecológico-econômico do Pontal do Paranapanema (1999)*”, desenvolvido pela Secretaria do Estado do Meio Ambiente de São Paulo. Esse trabalho foi realizado para uma área de 11.838 km². Foram produzidos 12 mapas e uma carta da composição colorida da imagem TM Landsat, todos na escala de 1:250 000. Um mapa de geomorfologia, um de pedologia, um de situação jurídica das terras, um de assentamentos implantados na área, um de vegetação natural remanescente, um de unidades de conservação, um de fragilidade natural dos solos à erosão, um de uso atual das terras, um de criticidade potencial dos solos à erosão (PNE), um de aptidão agrícola e um de conflito de uso. A técnica para a obtenção do mapa de PNE, adotada nesse trabalho, foi utilizada de acordo com o modelo USLE, aplicado neste estudo.

No trabalho “*Estruturação de sistemas de informação ambiental em bacias hidrográficas: o caso da bacia hidrográfica do Rio Caí - RS (WEBER et al. 2000)*”, realizado em bases topográficas na escala de 1:50 000, com área de estudo correspondente a 5.057,25 km², foram utilizadas as imagens de satélite para fazer o mapa de uso do solo, técnica aplicada também nessa pesquisa.

2.1.3. EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DOS SOLOS

Segundo Nascimento (1998), a análise dos processos de erosão do solo tem sido uma preocupação de trabalhos de geomorfólogos, pedólogos e geólogos, tanto na reconstituição das paisagens quaternárias quanto na estimativa de perdas de terras atuais. Nesse sentido, a autora destaca os trabalhos de Tricart; Cailleux (1956), Strahler (1957) e Christofolletti (1980, 1981).

Algumas das causas do esgotamento de nossos solos pela erosão podem ser controladas pela aplicação das práticas conservacionistas. Os modelos adotados para previsão de perdas de solo devido aos processos erosivos são considerados como valiosos instrumentos para se traçar um guia para o planejamento do uso do

solo e se determinarem as práticas de conservação do solo mais apropriadas a uma dada área. O modelo mais adotado tem sido a Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), *Universal Soil Loss Equation* (USLE), Wischmeier; Smith (1978). Essa equação exprime a ação dos principais fatores, que influenciam a erosão pela chuva.

Segundo Bertoni; Lombardi Neto (1990), os primeiros trabalhos que desenvolveram equações avaliando as perdas de solo de uma área datam de 1940, na região do *Corn Belt* dos Estados Unidos. No fim da década de 1950, foi aprovado e aperfeiçoado o modelo designado de equação universal de perdas de solo, superando muitas das limitações surgidas nas equações anteriormente propostas. Wischmeier; Smith (1978) revisaram-na, atualizando e incorporando-lhe novos dados disponíveis. No Brasil, os trabalhos iniciais sobre a USLE foram desenvolvidos por Bertoni *et al.* (1975), os quais utilizaram os dados existentes para as condições do estado de São Paulo. A partir de 1975, vários autores vêm tentando avaliar os fatores da equação para outras regiões.

A USLE, conforme Wischmeier; Smith (1978), é um modelo, cuja proposta é de avaliar, a longo tempo, a perda média de solos pelo escoamento superficial numa área específica e para um determinado sistema de cultivo e manejo.

Freire (1995) aponta o uso da terra, a erodibilidade do solo, a erosividade da chuva, o relevo e as práticas de controle da erosão como os principais fatores que mais influenciam na quantidade de perdas de material do solo.

A utilização da USLE é o método mais moderno e impessoal de se escolher o uso do solo e as práticas de controle da erosão com segurança, além de possibilitar ao planejador estudar e propor alternativas de uso e de controle da erosão para manter as perdas e o assoreamento sob condições aceitáveis. Nos últimos anos, vem-se aplicando a USLE com apoio das tecnologias de sensoriamento remoto e dos sistemas de informações geográficas. Nessa linha, pode-se exemplificar as

pesquisas de Pinto (1983), Gesch; Nagle (1984), IPT (1986), Scopel (1988), Pinto (1991) e Donzeli *et al.* (1992).

Conforme Pinto (1991), no estudo de erosão do solo, as técnicas de sensoriamento remoto têm sido utilizadas para a caracterização do uso da terra e cobertura vegetal, especialmente quando adotam uma abordagem que utiliza modelo de estimativa ou de expectativa de erosão do solo, como a Equação Universal de Perdas de Solo (USLE).

Valério Filho (1995) lembra que a partir da década de 70 avanços tecnológicos relativos à aquisição e armazenamento de informações propiciaram um progresso expressivo na implementação de estudos integrados. Neste sentido, a disponibilidade de dados de sensoriamento remoto, em nível orbital através do sistema LANDSAT, IKONOS, SPOT, e de estruturas computacionais auxiliares, como os sistemas de tratamento de imagens digitais e da informação geográfica, permitiu uma maior agilidade na coleta de dados e análise integrada das informações ambientais.

O trabalho desenvolvido por Donzeli *et al.* (1992) na microbacia do Córrego São Joaquim, localizada no município de Pirassununga (SP), constitui um exemplo de utilização conjunta do SENSORIAMENTO REMOTO/SIG. Para caracterizar a degradação do solo, foram identificadas as áreas de risco de erosão com a adoção da Equação Universal de Perdas de Solo - USLE.

Nesse sentido, foram levantados dados do meio físico e de atividades antrópicas, para compor os parâmetros da USLE, segundo a formulação:

$$PNE = R.K.L.S,$$

PNE = Potencial Natural de Erosão do Solo; **R** = Erosividade (poder erosivo das chuvas); **K** = Erodibilidade (susceptibilidade do solo à erosão); **L** = comprimento da vertente e **S** = declividade da vertente (Fator Topográfico - **LS**).

Valério Filho (1995) observa que, nesse trabalho de Donzeli *et al.* (1992), a obtenção de cada variável foi feita por meio de mapas e tabelas disponíveis (R e K), cartas topográficas (LS). A base de dados foi integrada através da USLE ajustada conforme proposta de Bertoni; Lombardi Neto (1990) com o Sistema de Informação Geográfico desenvolvido no INPE (SGI/INPE), obtendo-se o Potencial Natural de Erosão (PNE). A caracterização do PNE já foi realizada por NICHOLAS; Mccoll (1976), IPT (1986), e Valenzuela (1988).

Valério Filho (1995) lembra que a integração dos dados citados foi conduzida na forma “*raster*” de dados georreferenciados, tendo como suporte o SGI/INPE. Donzeli *et al.* (1992) concluíram que o diagnóstico do potencial de erosão pela equação universal de perdas de solos, para ser utilizado juntamente com as perdas permissíveis, como condicionante da capacidade de uso da terra, constitui importante proposição neste trabalho, por viabilizar o uso de índices quantitativos na classificação técnica das terras.

A importância desses estudos consiste em se diagnosticar o ambiente com técnicas de geoprocessamento, que venham subsidiar o planejamento e o manejo sustentável e a conservação do solo para as áreas estudadas.

2.1.4. SUSTENTABILIDADE

A proposta de incorporar a sustentabilidade em um trabalho de cunho técnico cartográfico e que utiliza o geoprocessamento como base, veio da visão recente, do início da década de 70, de uma abordagem mais ampla sobre os estudos que envolviam o meio ambiente e suas relações: a visão holística¹⁶. Usando a

¹⁶ Sobre a abordagem holística, vide CHRISTOFOLETTI (1999).

“As contribuições explicitando propostas de abordagens holísticas na análise de sistemas ambientais são numerosas. Constituem referencial básico a nortear a conceitualização, estruturação, análise e avaliação dos sistemas em função das atividades de ensino, pesquisa e aplicabilidade, não importando em qual escala de grandeza espacial se deseja focalizar”. CHRISTOFOLETTI (1999, p. 45)

cartografia, aliada ao geoprocessamento, espera-se conseguir espacializar essas relações, dando uma visão integralizadora.

A noção de sustentabilidade é compatível com uma visão holística (ou a pressupõe), pois *“busca compatibilizar o desenvolvimento econômico e o meio ambiente através da integração das esferas ecológica, econômica e social em uma mesma análise”* (FRANCISCO, 1996).

Já que o recorte espacial do trabalho é uma bacia hidrográfica, onde se inter-relacionam características do ambiente físico e humano, essa abordagem será de grande importância para a análise dos mapas-síntese que serão produzidos e servirão de base para o planejamento ambiental.

De acordo com Redclift (1994) *op. cit.*, *“the word sustainable is derived from the Latin sus-tenere, meaning to uphold. It has been used in English since 1290, but the etymology of sustainable carries interesting, and important, implications for the way the word is used”*.

O conceito de “Sustentabilidade”, relacionado a pesquisas ambientais, começou a ser delineado na Declaração de Princípios da Conferência de Estocolmo realizada em 1972. Nessa conferência foram preconizados e estabelecidos os 26 princípios básicos para uma relação “harmoniosa” dos seres humanos com o meio ambiente, formalizando-se as preocupações com a relação homem-natureza (GUZMÁN, 1997).

Na década de 80, precisamente em 1987, com o Relatório *Brundtland*¹⁷, definiu-se oficialmente o conceito de desenvolvimento sustentável como *“(...) aquele que procura satisfazer às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das*

¹⁷ BRUNDTLAND COMISSION. **World Comission on Environmental and Development**. Our Common Future. New York: Oxford University Press, 1987.

gerações futuras de suprir suas próprias necessidades". (BRUNDTLAND COMMISSION, citado por RIBEIRO *et al.* (1997, p. 269).

Segundo Repetto¹⁸, citado por RIBEIRO (*op. cit.* p. 269), "*Desenvolvimento sustentável é uma estratégia de desenvolvimento que administra todos os ativos, os recursos naturais e os recursos humanos, assim como os recursos financeiros e físicos de forma compatível com o crescimento da riqueza e do bem estar a longo prazo*".

Para Redclift (1997, p.15), "*Sustainable development is an objective which needs to be given priority over economic growth alone*". Lages (1998, p.37) concorda com a afirmação e mostra que o desenvolvimento sustentável

por outro lado significa a emergência de uma solidariedade diacrônica, de uma nova ética que nos obriga a pensar globalmente para agir localmente, mas também pensar localmente para agir globalmente. Significa, sobretudo, a necessidade de se articular as cinco dimensões do desenvolvimento: espacial, econômica, social, cultural e ecológica, ultrapassando o reducionismo economicista que avalia o desenvolvimento apenas em termos de PIB, renda per capita e taxas de crescimento.

Outra linha de tratamento do desenvolvimento sustentável intitula-se ecodesenvolvimento que é, segundo Sachs (1986, p.18),

um estilo de desenvolvimento que, em cada ecorregião, insiste nas soluções específicas de seus problemas particulares, levando em conta os dados ecológicos da mesma forma que os culturais, as necessidades imediatas como também aquelas a longo prazo.

De acordo com Soussan (1995, p. 25),

Sustainable development is not seen as a fixed state, but rather is a process of change in which each nation achieves its full development potential, while at the same time building

¹⁸ REPETTO, R. **World enough and time**. New Haven: Yale University Press, 1986.

upon and enhancing the quality of the environmental resources on which development is based. This ambitious goal will require different forms of resource exploitation, investment patterns and decision-making processes, technological development and institutional change.

No entanto, a conceituação sobre sustentabilidade e desenvolvimento sustentável é amplamente discutível e discutida pelos que aplicam e pesquisam o tema. Redclift (1994, p.17) afirma que “*Sustainable development remains a confused topic*”. [...] “*At the same time, sustainable development is fraught with contradictions*” (REDCLIFT¹⁹, citado por REDCLIFT *op. cit.* 1994). Esse debate na verdade se dá entre desenvolvimentalistas e preservacionistas, como enfatiza Adams (1996, p. 367): “*They record the evolving debate between developers and environmentalists, between those who wish to exploit natural resources and those who wish to conserve them*”.

O’Riordan²⁰, citado em Adams (1996, p. 371-372), descreve importantes distinções entre os termos sustentável e sustentabilidade:

Sustainable utilization is rational and utilitarian, and has dominated thinking about sustainable development since The World Conservation Strategy, although its roots [...]. At base it is a scientific concept, drawn into the WCS from notions of sustainable yield and the harvesting of renewable resources. Sustainability is a more complex and less manageable concept embracing additional ethical features, concerned with the ‘right’ management of nature.

Para Christofletti (1999, p. 171) sustentabilidade ambiental “*significa o processo de manter ou melhorar as características ou funcionalidades do sistema de suporte terrestre como condições adequadas para as comunidades biológicas e humanas*”. Segundo o mesmo autor, o desenvolvimento sustentável representa a meta a ser atingida e a sustentabilidade, os procedimentos de mensuração e a qualificação dos

¹⁹ REDCLIFT, M.R. (1987). **Sustainable Development: Exploring the Contradictions**. Methuen, London.

²⁰ O’RIORDAN, T. The politics of sustainability. In R. K. Turner (ed.), **Sustainable Environmental Management: Principles and Practice**. Boulder, CO: Westview Press, 1988.

indicadores. Christofolletti (1999) considera adequada a noção de sustentabilidade para a modelagem ambiental.

Redclift *op. cit.* (1994, p.18) também distingue os conceitos:

The verb “to sustain” carries a passive connotation; while the adjective “sustainable” is used in the active sense. Sustainable refers to an act or process which is capable of being upheld or defended. On the other hand “sustainable” in the active voice suggests a disposition towards something should, and can, be done. (...) the idea of sustainability to be employed in a variety of contradictory ways.

No mesmo sentido, (GUSMÁN, 1997, p. 43) afirma que

o conceito de desenvolvimento sustentável abriga uma série heteróclita de concepções e visões de mundo, sendo que os que se envolvem no debate em torno da questão são unânimes em concordar, em uníssono, que o mesmo representa um grande avanço no campo das concepções de desenvolvimento e nas abordagens tradicionais relativas à preservação dos recursos naturais.

Redclift (1995, p. 3), ao analisar os problemas ambientais nos países do América do sul argumenta que “*the environment crisis in the south was the outcome of an economic, structural crisis. At the same time it was argued that the political economy of development needed to incorporate environmental concerns in a more systematic way*”.

Por isso Guzmán (*op. cit.* p. 21) aplica o termo à nossa realidade econômica, social e política de país em desenvolvimento e supõe a “realização do potencial de crescimento econômico naqueles locais onde não são satisfeitas as necessidades básicas”.

Seguindo o *Brundtland Commission Report*, que identifica conceitos básicos nas políticas de desenvolvimento sustentável, Soussan, (1995, p. 25) descreve um deles, enfatizando que

The basic needs of all people must be met in a way which provides for their needs with security and dignity – in the world today, where the needs of so many are not met, this inevitably means giving the needs of the poor priority; this is not just desirable in moral or equity terms, it is also good development practice.

Soussan (1995, p.24), a respeito desse processo, se pronuncia, alegando que *“Poverty and the actions of the poor were seen as one of the main causes of sustainable development, rather than recognizing that poverty and environmental degradation are both consequences of existing development patterns”*.

Passaram-se vinte anos, desde que se começou a definir sustentabilidade, até acontecer no Rio de Janeiro, em 1992, a Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Nessa, inicia-se a reformulação do conceito, considerando que

um dos papéis da ciência é oferecer informações para permitir uma melhor formulação e seleção das políticas de meio ambiente e desenvolvimento [...]. As ciências podem proporcionar esse conhecimento por meio de uma pesquisa aprofundada dos processos ambientais e por meio da aplicação dos instrumentos modernos e eficientes que se dispõe atualmente, tais como [...] os instrumentos eletrônicos e de monitoramento (BRASIL, 1995, p. 417).

A ciência geográfica, então, embasada teórica e metodologicamente em técnicas de geoprocessamento e em conceitos necessários para a produção dessas pesquisas, tem papel de fundamental importância nos estudos de sustentabilidade, embora, Christofolletti (1999) afirme que é um amplo desafio aos pesquisadores trabalhar com esse tema, já que engloba funcionalidade dos sistemas em esferas diferentes do conhecimento, como economia, física, ecologia e geografia. Justificando a pesquisa geográfica nos estudos de sustentabilidade, relata Adams (1996, p. 368):

Sustainable development has already proved a spectacularly popular phrase in both general and academic writing about environment and development. It has roots and a large following in many disciplines, but probably none is so relevant

to it as geography (Kates 1987²¹). Where else can the science of the environment be married with an understanding of economic, political, and cultural change that we call development? What other discipline offers insights into both environmental change and environmental management, and who but geographers can cope with the diversity of environments and countries, and the sheer range of spatial scales, at which it is necessary to work to understand process of human use of nature and the dynamic of the environment?

De todas as leituras feitas e elencadas aqui, entende-se que a sustentabilidade é termo ou conceito relativamente recente para os geógrafos, principalmente no que se refere à pesquisa. Francisco (1996, p. 362) demonstra que é uma “*abordagem de um campo de estudo ainda inexplorada pela geografia brasileira*”. É “um novo desconhecido” justamente por trazer inovações antes não vislumbradas pelos que trabalham com a questão ambiental.

A questão econômica é fator importante ao se analisar a sustentabilidade, pois, para que haja harmonia entre as diferentes esferas da abordagem sustentável, há que se desenvolver ou estimular, nem que seja minimamente, regiões com certa estagnação econômica. Insere-se nesse contexto o Vale do Jequitinhonha, que, associado à questão da pobreza, é produto do modelo econômico adotado no país, aliado, logicamente, a fatores que contribuem para que a região não se liberte desse processo.

Embora relativamente reduzidas em comparação com regiões mais desenvolvidas, as atividades antrópicas praticadas na área de estudo têm acarretado alterações importantes nos ecossistemas naturais, como a redução de recursos vegetais, de populações de animais silvestres e da disponibilidade hídrica, o aumento dos processos erosivos com a conseqüente perda de fertilidade do solo, o assoreamento dos cursos d'água e a deterioração da qualidade das águas e da biota aquática. Daí a oportunidade de estudos que tenham a sustentabilidade e a quantificação da perda de solos por erosão como um dos eixos condutores.

²¹ KATES, R.W. The human environment: the road not taken and the road still beckoning. **Annals of Association of American Geographers**, v. 77, n. 4, 525-34, 1987.

Sendo uma abordagem nova e com muitas entranhas ainda não exploradas, é tarefa árdua e inesgotável tentar expressar esse termo em um trabalho cartográfico. No entanto, as técnicas de geoprocessamento e da cartografia digital constituem-se em uma excelente ferramenta para subsidiar os projetos e estudos de desenvolvimento sustentável.

2.2. A CARTOGRAFIA NAS PESQUISAS AMBIENTAIS

Nesse item são abordados aspectos conceituais e técnicos da cartografia, semiologia gráfica e atlas digital, mostrados em sub-tópicos, em que se apresentam um breve histórico e conceitos básicos da cartografia, a semiologia gráfica, a cartografia ambiental e as tendências atuais da cartografia e os atlas digitais.

2.2.1. HISTÓRICO E CONCEITOS BÁSICOS DA CARTOGRAFIA

A cartografia surgiu da necessidade de expressão e de sobrevivência humana. As informações, conceitos e fatos que os homens primitivos registravam se constituíam, já naquela época, num poderoso instrumento de controle dos recursos naturais existentes em certos espaços (OLIVEIRA, 1995).

O ser humano, por ser eminentemente territorial, possui necessidades inatas que estão relacionadas a essa condição, necessitando representar o local onde vive, em mapas, sendo esses a linguagem mais antiga que a própria escrita. O mapa “... *foi muito usado pelos povos pré-históricos, que, não dispendo de condições para registrarem suas idéias e mensagens através de expressões escritas, passaram a recorrer ao uso do mapa como forma de comunicação*” (MANTELLI; SANCHEZ, 1990, p. 7).

O homem, portanto, usava a criatividade em face das necessidades e representava a superfície terrestre, tendo em vista solucionar as principais dificuldades de seus projetos de sociedade. Dessa forma, os produtos cartográficos (mapas), a cada

época, expressavam especulação filosófica, desejo de orientação, ideologias, etc. (OLIVIERA,1995) “...they do display the effects of human shortcoming, as well as other cultural or political characteristics of their times” (WOOD, 1994, p.21).

Toda a preocupação cartográfica, a despeito das fases históricas, sempre esteve aliada a questões geográficas, principalmente de localização. Isso se tornou ainda mais evidente com as principais guerras mundiais e com a necessidade de cada vez mais ocupar e conhecer espaços inóspitos. Assim, a produção de mapas tornou-se mais rápida e conhece-se com maior velocidade o que há no planeta para, em um primeiro momento, conquistar, em seguida, colonizar e explorar.

Nesse sentido, a sistematização da ciência cartográfica, bem como sua evolução, ocorreram associadas aos vários acontecimentos históricos do mundo e às preocupações humanas. Fases de desenvolvimento e retrocesso ou estagnação se sucederam, mas o grande momento da cartografia deu-se com a criação da imprensa, que permitiu a reprodução quase ilimitada de documentos cartográficos.

Entende-se por Cartografia

o conjunto de estudos e operações científicas, artísticas e técnicas, baseados nos resultados de observações diretas ou de análises da documentação visando a elaboração e a preparação de cartas, projetos e outras formas de expressão bem como a sua utilização”. Associação Cartográfica Internacional, citado em OLIVEIRA (1995, p.324).

Já na visão de (ROSIER, 1981), a cartografia é

Ciência ferramenta indispensável ao desenvolvimento ágil de uma nação moderna; manifestação artística, em que a poesia visual assume um lugar de destaque; e lição existencial. Pois como esquecer essa atitude prometéica do homem que, não podendo abraçar o mundo de uma só vez, o reduz a suas próprias dimensões, e a partir daí estabelece com o mesmo um diálogo num espaço humano? Sublinhemos aqui o papel da cartografia no enriquecimento e na formalização desse diálogo, permitindo à natureza expressar-se com mais liberdade; ao

homem, verificar que sua sobrevivência como espécie está diretamente vinculada a um novo relacionamento com o mundo, baseados no respeito mútuo e num conhecimento que leva, porque não dizê-lo, ao amor.

Segundo Robinson *et al.* (1984), *“cartography include any activity in which the presentation and use of maps is a matter of basic concern”*.

Em relação à ciência geográfica, a cartografia *“é um meio, uma técnica, e nunca o fim último de um trabalho de pesquisa geográfica”* (SANCHEZ, 1973 p.35).

A adoção da ciência cartográfica como técnica auxiliar para a elaboração de diagnóstico ambiental deve-se ao seu poder integrador e de análise dos dados, uma vez que *“o próprio ato de mapear é, já, caracterizado pelas ações de análise e síntese, pois os mapas podem ter o objetivo de somente retratar “o que” e “onde”, como podem, também, conter informações resultantes de interpretações ”* (MOURA, 1993b, p. 54).

No que tange ao uso e à importância da Cartografia temática, Moura (1993a, p.24-25) justifica que

a cartografia é um excelente instrumento para análises espaciais e que a representação cartográfica é resultante de processos de análise e síntese de dados, retratando a realidade e favorecendo diagnósticos e intervenções. Uma carta temática é um veículo de comunicação que se expressa através de representação gráfica. Os temas cartografados são retratos de certos aspectos da realidade, podendo focar questões qualitativas ou quantitativas. Resultam da manipulação de dados e da apresentação destes em visões parciais ou de conjunto sobre o espaço estudado. Para a adoção do planejamento participativo e do desenvolvimento de trabalhos em equipes multidisciplinares, os recursos de comunicação visual da cartografia temática apresentam-se como uma linguagem comum que possibilita a troca de informações e opiniões.

Segundo Mantelli; Sanchez (1990, p.10), *“a cartografia, em especial a temática, se utiliza bastante da quantificação e se aprimora para acompanhar os grandes*

avanços no processo de obtenção e tratamento dos dados e informações, ao mesmo tempo em que oferece alternativas de melhores representações”.

A cartografia temática se preocupa com a representação dos cartogramas e a ela atribui-se a tarefa de arranjo e representação gráfica de dados resultantes das contagens ou dos processos de mensuração de fenômenos geográficos (SANCHEZ, 1973). Nesse sentido, ela oferece, de acordo com Bertin²², citado por Moura (1993b, p.57), subsídios cartográficos importantes, que,

hoje, apresenta a função não só de representar a imagem de elementos georreferenciados que sejam de interesse para o homem, como também tem-se desenvolvido em outra direção: a representação de múltiplos fenômenos que o homem deve conhecer para tomar certas decisões, fenômenos visíveis ou não, como no caso das legislações aplicáveis a elementos enfocados.

Nesses trabalhos cartográficos é importante conceituar os termos que o envolvem, como carta e mapa. Há que distingui-los e entendê-los a partir de suas características. Sanchez (1973, p.33) assim os define

Carta é toda representação de parte da superfície terrestre em escalas geralmente grandes, portanto com algum detalhe. Essas representações possuem como limites, a maioria das vezes, as coordenadas geográficas, e raramente terminam em limites políticos administrativos. As observações e informações, tais como, título, escala, fonte, etc. aparecem fora das linhas que fecham o quadro de representação [...].

A carta, portanto, é um dos mais importantes instrumentos de coleta de dados iniciais para uma pesquisa geográfica, sendo que nela se encontram as referências espaciais (coordenadas geográficas ou UTM - *Universal Transversa Mercator*), essenciais para se georreferenciar a base cartográfica a ser analisada, que pode ser, por exemplo, uma bacia hidrográfica ou um município dentro de um SIG.

²² BERTIN, J. **Cartes et figures de la terre**. Paris, Centre Georges Pompidou, 1980. Pg. 2-8.

Este sistema de coordenadas planas, sistema de coordenadas cartesianas, baseia-se na escolha de dois eixos perpendiculares, usualmente os eixos horizontal e vertical, cuja intersecção representa a origem, estabelecida como base para a localização de qualquer ponto do plano.

Neste sistema de coordenadas, um ponto é representado por um par de coordenadas (X,Y): um corresponde à projeção sobre o eixo x (horizontal), associado à longitude, e o outro corresponde à projeção sobre o eixo y (vertical), associado à latitude. Os valores de x e y são referenciados conforme um sistema cartesiano, que representa, como exemplo, as coordenadas da cidade de Araçuaí – MG (FIGURA 07).

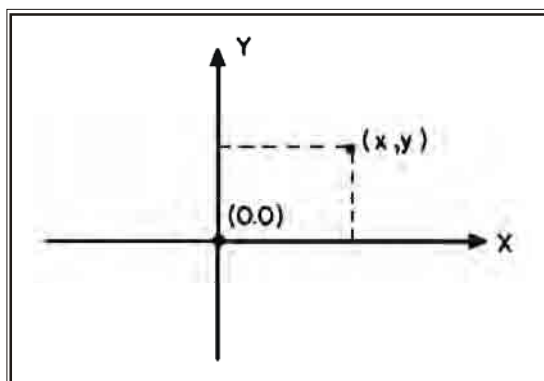


Figura 7 – Sistema cartesiano

onde : $X = 813\ 041$ m e $Y = 8\ 134\ 186$ m

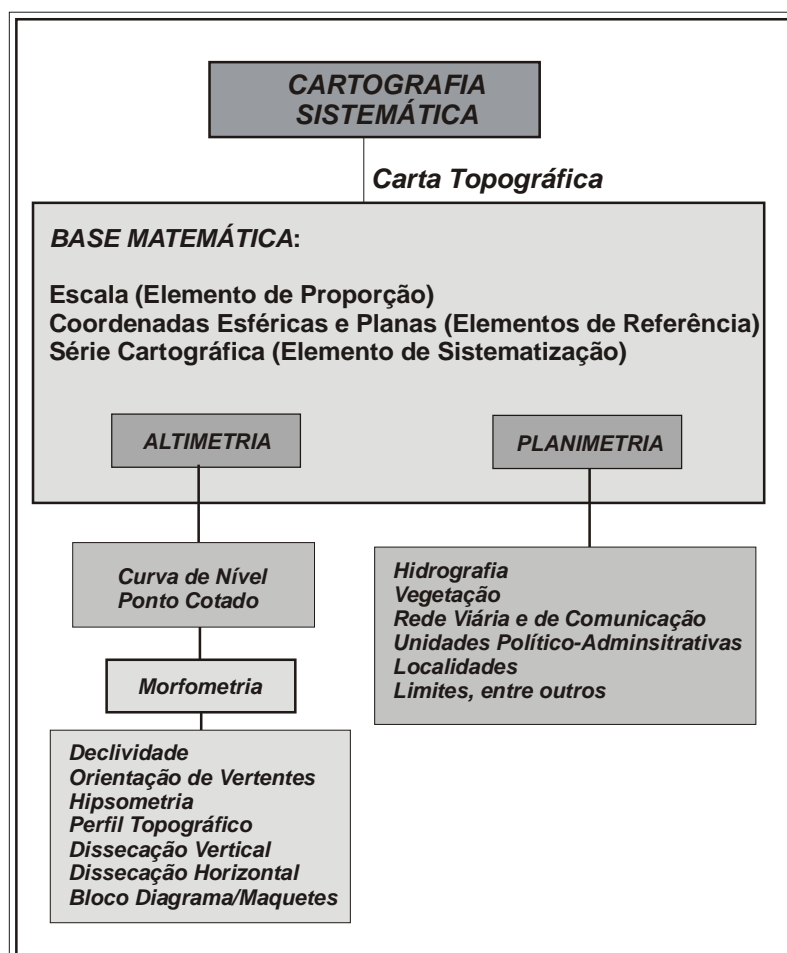
Essas coordenadas são relacionadas matematicamente às coordenadas geográficas, de maneira que umas podem ser convertidas nas outras. Portanto, $42^{\circ} 04' 13''$ e $16^{\circ} 50' 58''$ são as coordenadas longitude e latitude dessa cidade.

Importantes, também, são os dados da escala, que são a base para o tipo de análise a ser aplicada na base geográfica. É a partir dela que o pesquisador direciona o tipo de estudo que poderá ser aplicado à base cartográfica. Ou seja, em uma escala de 1:100 000, que tipo de análise posso fazer, se cada centímetro equivale a 1 quilômetro, Que características visuais aparecerão na carta e nos mapas que serão produzidos nessa escala? Na questão da generalização cartográfica dos dados

espaciais deve ser dada maior atenção, pois reduzem-se as dimensões existentes no mundo real. Esse tipo de cuidado deve ser observado na definição do projeto de pesquisa.

A cartografia sistemática, fornece os subsídios de localização. Trata dos elementos que delimitam o espaço (X,Y) por meio da altimetria e coordenadas (curva de nível e ponto cotado), da planimetria (rios, limites, vegetação, etc.) e dos temas (Z). Esses produtos da cartografia sistemática, juntamente com a articulação das cartas topográficas, fornecem os principais elementos para se produzir uma análise ambiental (Figura 08).

FIGURA 8 – ELEMENTOS DE UMA CARTA TOPOGRÁFICA



Fonte: CASTRO (2000)

De acordo com Sanchez *op. cit.*, (1993, p. 33)

[...] o **Mapa**, como a carta, resulta de um levantamento preciso, exato, da superfície terrestre, mas em escala menor, apresentando menor número de detalhes em relação à carta. Os limites do terreno representados coincidem com os limites políticos administrativos, sendo que o título e as informações complementares são colocadas no interior do quadro de representações que circunscrevem a área mapeada.

O mapa, além de tornar-se um instrumento de pesquisa, significa “... *instrumento do conhecimento dos dados utilizados, instrumento de reflexão e decisão*” (BONIN, 1982, p.75). Assim, o mapa é mais que uma simples tradução de dados estatísticos, ele mostra funções de decodificação.

Nesse contexto, Moura (1993b, p.41) enfatiza:

Através dele (mapa) consegue-se delinear o espaço produzindo interações entre meio físico e humano, caracterizando a região de estudo através de mapas síntese que “pode gerar uma “obra aberta” pois, ao mesmo tempo em que fornece informações básicas sobre diferentes características da área, possibilita que outros profissionais, de posse de dados existentes, componham novas sínteses e produzam suas avaliações da realidade enfocada.

Abordaram-se neste item conceitos básicos e primordiais para se discutirem as questões relacionadas à cartografia, tanto sistemática quanto temática, mostrando a importância de cada uma dentro das pesquisas geográficas.

2.2.2. SEMIOLOGIA GRÁFICA

A semiologia gráfica, ciência que estuda os signos e seus significados, auxilia a cartografia, principalmente a temática. Os mapas tornam-se mais legíveis, ou seja, transmitem melhor as informações e os processos geográficos, tanto para uma criança quanto para um adulto.

A Semiologia Gráfica começou a ser sistematizada no *Laboratoire de Graphique de École des Hautes Études en Sciences Sociales*, de Paris. Bertin (1967a) foi o primeiro a lançar as bases de uma estrutura da linguagem gráfica, que transforma mapas para “ler” em mapas para “ver”. A sistematização da semiologia completou 30 anos e recentemente foram publicados com o Boletim do Comitê Francês de Cartografia e na **CYBERGEO**²³ artigos sobre as idéias de BERTIN. Os autores que participaram do colóquio concluíram que a Semiologia Gráfica persiste e é a base das novas teorias da comunicação em cartografia que surgem hoje.

A importância do conjunto da obra de Jacques Bertin desde 1965 até os dias atuais foi abordada por Bonin (1997, s.p), evidenciando dados de venda e de países, onde se traduziu a sua obra:

La “Sémiologie graphique” a été traduite en allemand, en anglais, et vendue à 10.000 exemplaires en français ; “La graphique et le traitement graphique de l’information” a été traduite en allemand, en anglais, en espagnol, en japonais, en portugais ; l’ “Initiation à la graphique” et “La graphique dans la presse”, parue en 1989, sont épuisées.

BONIN (1997) dividiu o desenvolvimento da semiologia gráfica em 4 fases principais:

De **1957-1967**: années de réflexion et de gestation jusqu’à la parution de la Sémiologie Graphique;
De **1968-1985**: la mise en place des traitements graphiques, et la mise en pratique des constructions graphiques;
De **1985-1995**: le développement de techniques nouvelles, parallèles;
Depois **1995**: L’espoir d’un renouveau ?.

Ao pesquisar sobre a semiologia gráfica, principalmente a dos anos de 1957 a 1985, Cardoso (1984) constatou que, através dela, constrói-se uma imagem viva, operacional, deixando de lado o estético, o ilustrativo e o figurativo. O gráfico, que significa qualquer tipo de representação, jamais é admitido como mera ilustração, e deve, acima de tudo, ser um instrumento de trabalho do autor. Para que os gráficos

²³ Revista publicada na Internet, <http://www.cybergegeo.presse.fr>

atendam à semiologia gráfica, é necessário obedecer às propriedades específicas da percepção visual, utilizando o conjunto de princípios e de instrumentos de representação gráfica e de tratamento de dados, como as variáveis visuais. Assim, o objetivo desses gráficos é revelar as relações verossímeis existentes entre os dados da informação e o mapa que se constrói. Bonin (1997) conceitua “... *La graphique est un système de signes qui permet de transcrire les relations de différence, d'ordre ou de proportionnalité existant entre des données qualitatives ou quantitatives*”.

Os dados apresentados sob forma de mapas, que não são códigos, podem ser vistos, conforme Martinelli (1995), sob os aspectos de dois paradigmas, o sistêmico e o semiológico:

O **Paradigma sistêmico** ou funcionalista tem por base a teoria matemática da comunicação (WEAVER; SHANNON, 1949), a qual é expressa pelo esquema Emissor-Código-Receptor, e se preocupa com a avaliação das perdas ao longo dos circuitos de comunicação, bem como a forma de minimizá-las. As imagens figurativas, vistas pela fotografia, pintura e publicidade, são exemplos dessa comunicação. Essa corrente teórica é intitulada **Comunicação Cartográfica**. Entretanto, Salichtchev (1978) contesta tal posição, afirmando que não há apenas perdas, existem também ganhos, podendo se evidenciar, assim, o valor cognitivo dos mapas.

O **Paradigma Semiológico** (monossêmico-estruturalista), associa a cartografia à linguagem. O mapa é uma modalidade de se explorar visualmente o plano bidimensional, que pertence ao domínio da **Representação Gráfica**. “... *A transcrição será universal, sem ambigüidades, como nas equações matemáticas*” (MARTINELLI, 1994, p.64). No paradigma semiológico, o emissor e o receptor se colocam como atores conscientes do mesmo problema diante das três relações fundamentais entre objetos evidenciadas por Bertin (1967): **diferença**, transcrita por uma diferença visual; **ordem**, transcrita por uma ordem visual; e **proporção** que será transcrita por uma proporção visual.

Segundo Santos (1995, p. 307), “... a construção de representações gráficas consiste num processo específico de comunicação ou de transmissão de uma informação, por intermédio de uma mensagem”.

Os elementos básicos do processo, segundo essa autora, são:

O **emissor** [...] designado o responsável pela transmissão da informação, que no processo de comunicação em questão, desempenha os papéis de seletor, descodificador e recodificador. O emissor é um elemento, que conhece e seleciona, no interior dos códigos que intervêm no processo de comunicação, os sinais que permitem a descodificação e/ou a construção da mensagem.

Os **códigos ou sistemas semiológicos**, [...] que compreendem sinais específicos e um conjunto de regras de combinações próprias a esses sistemas de sinais. Num esquema de transcrição gráfica de uma informação, os códigos correspondem às línguas naturais (idiomas, de modo geral), relacionadas ao modo de comunicação verbal, e às línguas matemático-estatísticas e cartográficas, referentes, respectivamente, ao modo de comunicação numérico e visuo-espacial;

As **mensagens**, [...] designando seqüências de sinais, construídas a partir de regras de um código, que recebem uma certa forma, variável conforme a natureza do sistema de comunicação e do código. As mensagens que são construídas e/ou descodificadas ao longo do processo enfocado são, de modo geral, mensagens verbais (textos discursivos, esquemas, etc.), mensagens matemático-estatísticas (quadros, tabelas), mensagens visuo-espaciais (gráficos e mapas).

O **receptor**, [...] que nomeia o destinatário propriamente dito da mensagem. Num processo de transcrição gráfica de uma informação, o receptor é o destinatário das mensagens visuo-espaciais elaboradas.

A representação gráfica da informação, por meio de mapas, é transcrita, com base na relação entre objetos, por meio das variáveis visuais, utilizando-se dos três níveis de organização existentes, **o quantitativo, o ordenado e o qualitativo (associativo/seletivo)**. Esses níveis de organização trazem consigo o significado do componente, que é a tipologia da informação mapeada. Para Bertin (1967), a variável visual é a mais importante característica Semiológica, pois é a melhor

maneira de transmitir a informação geográfica em cada nível de organização²⁴ como exemplificados abaixo:

1. O nível **quantitativo** expressa quantidades, constituindo-se, pois, por série de dados. Por exemplo: *“pessoas residentes em uma cidade, variável idade”* (CASTRO, 2000a).
2. O nível **ordenado** representa uma ordem universal, como por exemplo, os dias da semana, meses do ano, hierarquia, tamanho (grande, médio, pequeno), tonalidade (claro, pardo, escuro), latitude e longitude.
3. O nível **qualitativo** é subdividido entre o associativo (que associa) e o seletivo (que difere). Por exemplo: *“moradores de uma cidade, variável: cor dos olhos (pretos, castanhos, azuis, etc.); ou, peças produzidas por uma máquina, variável: qualidade (perfeita ou defeituosa)”* (CASTRO, 2000a).

Para BERTIN (1967a) tudo que é quantitativo é ordenado, mas nem tudo o que é ordenado é quantitativo. Além disso, tudo o que é ordenado é seletivo, mas nem tudo o que é seletivo é ordenado. Por exemplo: número de pessoas residentes em uma cidade (1; 100; 10.000 mil hab.) é quantitativo e ordenado; mas os meses do ano são ordenados e não quantitativos. No nível ordenado, no componente tamanho, o grande é seletivo e ordenado em relação ao médio, mas as cores dos olhos (preta, castanha, azul), componentes seletivos não são ordenadas.

As variáveis visuais, que representam essa relação descrita anteriormente, são apresentadas no Quadro 01 por

(a) Tamanho (pequeno, médio, grande);

²⁴ BERTIN, J. A. A **Neográfica e o tratamento gráfico de informação**. Curitiba: UFPR, 1986. 273 p.

_____. Ver ou ler. AGB, **Seleção de texto**, São Paulo, nº 18, p. 45-62, 1988.

_____. O teste de base da representação gráfica. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v.42, n. 1. p.160-182 jan./mar., 1980.

- (b) Valor é o valor visual, a intensidade; vai do claro para o escuro, e expressa a mesma proporção de preto e de branco;
- (c) Granulação, textura que varia da mais fina à mais grosseira, sem alterar sua intensidade visual;
- (d) Cor, Variação de cor, vermelha, amarela, azul;
- (e) Orientação, a figura geométrica pode dispor-se horizontal, vertical ou obliquamente; e
- (f) Forma, a figura geométrica pode modular sua forma: passar para um círculo ou para um polígono estrelado.

QUADRO 1 – PROPRIEDADES DOS NÍVEIS DE ORGANIZAÇÃO, MODOS DE IMPLANTAÇÃO E VARIÁVEIS VISUAIS

Variáveis Visuais	Propriedades Nível de Organização		Modo de Implantação		
			Pontual	Linear	Zonal
Tamanho					
Valor Intensidade					
Granulação					
Orientação					
Cor					
Forma					

Fonte: MOURA (1993b)

A distribuição espacial de uma informação **contínua** ou **discreta** é realizada por intermédio das variáveis visuais.

Uma variável contínua

[...] é aquela que teoricamente, pode assumir qualquer valor num intervalo razoável de variação, sendo representadas através de cartogramas isopléticos, já a variável discreta é aquela que pode assumir apenas valores pertencentes a um conjunto enumerável, sendo representadas através de cartogramas coropléticos (CASTRO, 2000a, p. 64).

Os Cartogramas **isopléticos**, produzidos com **variáveis contínuas**, são construídos por linhas, ou isarítimas numeradas em função do fenômeno. Neles “... *uma brusca variação do fenômeno, em um pequeno espaço, é dada pela proximidade das linhas, enquanto que os distanciamentos maiores mostram uma suavidade na mudança*” (MANTELLI; SANCHEZ, 1990, p. 56). Um exemplo desse cartograma é o de curvas de nível, as quais podem extrapolar os limites políticos ou referir-se somente a um espaço específico.

Cartogramas **coropléticos**, produzidos com variáveis **discretas** “... *são construídos fundamentalmente para mostrar quantidades ou qualquer outro tipo de informação relacionada com a superfície onde elas ocorrem*” (MANTELLI; SANCHEZ, 1990, p.27) e por isso, esse tipo de cartograma limita-se a espaços definidos, como, por exemplo, um município, “*devido à **distribuição descontínua** no espaço a informação sócio-econômica é discretizada e generalizada ao município*” (CASTRO, 2000a).

O cartograma consiste em uma das formas de apresentação das variáveis visuais, que segundo Sanchez (1973, p. 33), significa

um tipo de representação que se preocupa menos com os limites exatos e precisos, bem como das coordenadas geográficas, para se preocupar mais com as informações que serão objeto da distribuição espacial no interior do mapa. Dessas considerações pode-se concluir que o ideal sempre será a elaboração de cartogramas baseados em mapas. Como os mapas resultam de levantamentos precisos, fornecerão o *substratum* ideal para o lançamento das informações, das quais estamos interessados em verificar o comportamento espacial.

De uma forma complementar Mantelli; Sanchez (1990, p. 27) assim definiram cartogramas:

representações de itens geográficos mensuráveis qualitativa ou quantitativamente, que têm, sobre as outras espécies de representações gráficas, a vantagem de informar sobre o local de ocorrência dos dados e informações trabalhadas.

Cada parte da informação pode ser chamada de componente. De acordo com Bertin (1967a, p.44), citado por Le Sann (1983, p. 9),

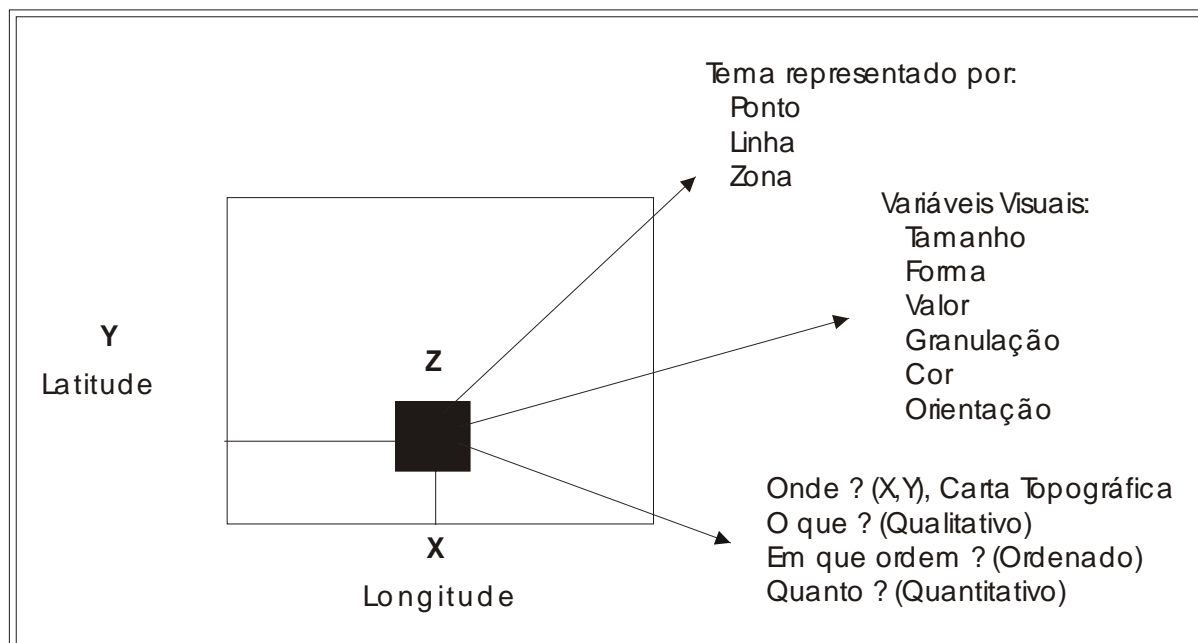
A informação transmitida por um componente pode se referir a uma localização precisa, a um limite ou percurso, ou ainda a uma superfície. Essas três maneiras de colocar a informação no plano da folha de papel representam três modos de implantação, o pontual, o linear e o zonal.

O componente tem características, como comprimento (o número de suas subdivisões) e extensão, que é a relação entre o número maior e o menor da série quantitativa considerada. Segundo Cardoso (1984, p.40), quando “... *constrói-se um gráfico, representam-se os componentes, que são elementos variáveis da informação*”.

Essas informações (FIGURA 09), de acordo com Castro (2000b, p. 63),

possuem referências bidimensionais no espaço (x,y), com localizações sistematizadas segundo pares de coordenadas geográficas (lat./long.) ou sistemas de coordenadas planas (UTM, por exemplo); a informação ou o tema (z) constitui a variação da terceira dimensão.



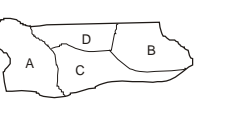
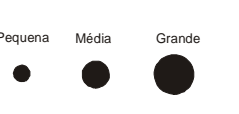
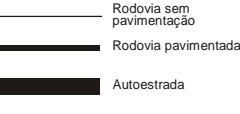

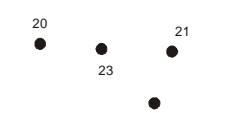

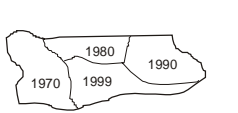

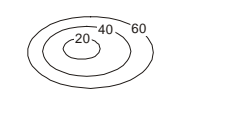

FIGURA 9 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS INFORMAÇÕES ESPACIAIS



Fonte: CASTRO (1996)

As informações (Z) podem ser representadas, no plano geográfico, por meio de quatro tipos de escalas: nominal, ordinal, intervalar e razão, culminando na transcrição dos componentes através dos símbolos cartográficos. O QUADRO 02 representa as informações geográficas e trata das relações fundamentais da informação espacial, das variáveis visuais, do tema e do modo de implantação.

QUADRO 2 – ESCALAS DE MENSURAÇÃO E OS SÍMBOLOS DE REPRESENTAÇÃO

ESCALAS DE MENSURAÇÃO	SÍMBOLOS CARTOGRÁFICOS		
	PONTO	LINHA	ÁREA
NOMINAL	 - cidade - população	 - rios - rodovias	 - uso do solo
ORDINAL	 Pequena Média Grande - aglomerações	 Rodovia sem pavimentação Rodovia pavimentada Autoestrada - rede de drenagem - rede viária	 fria temperada quente - zonas climáticas
INTERVALO	 20 21 23 22 21 - temperatura média - ponto cotado	 - latitude/longitude	 1970 1980 1990 1999 - ano de implantação da soja
RAZÃO	 - área proporcional de população	 - isoietas - fluxos	 - hipsometria

Fonte: CASTRO (2000a. p. 66)

A **escala nominal** é uma mensuração essencialmente qualitativa e usada muitas vezes como simples processo classificatório (SANCHEZ, 1973). Segundo Gerardi; Silva (1981, p.22), “... ela é simplesmente um recurso para se classificar e rotular ou dar nomes a objetos ou conjuntos de objetos ao invés de uma forma específica de medir atributos de objetos”.

A **escala ordinal** é utilizada quando os fenômenos ou observações são passíveis de serem arranjados segundo uma ordenação, isto é, segundo algum critério, tal como grandeza, preferência, importância ou distância. A **escala de intervalo** refere-se a

um nível de mensuração em que a escala tem todas as características de uma escala ordinal, mas os intervalos entre os valores são conhecidos exatamente e assim cada observação pode receber um valor numérico preciso. A **escala de razão** é a mais precisa de todas e refere-se a um nível de mensuração em que a escala tem todas as características de uma escala de intervalo, acrescentando que o ponto zero é uma origem verdadeira, ou seja, o zero indica a ausência do fenômeno ou atributo (GERARDI; SILVA, 1981, p. 25,26).

2.2.3. CARTOGRAFIA AMBIENTAL, CONCEITUAÇÃO E TÉCNICAS

Com base nos artigos de Martinelli (1993,1994 e 1997) e HERZ (1997), que abordam a cartografia ambiental, percebe-se que com o crescimento das pesquisas ambientais, houve a necessidade de que os profissionais, envolvidos com essa temática, começassem a discutir a cartografia produzida voltada para essa área.

Os poucos autores que tratam do tema apontam para a necessidade de se sistematizarem conceitos e técnicas para uma representação cartográfica ambiental. De acordo com Martinelli (1994), algumas abordagens sobre o tema foram vislumbradas, principalmente nas décadas de 70 e 80, por Ozenda (1974; 1976; 1986); Journaux (1975; 1985); Tricart (1977), Kondracki; Astrowski (1980); Monteiro (1987; 1982)²⁵ e Troppmair (1983).

Apesar da cartografia ser uma técnica amplamente empregada em estudos ambientais, percebe-se que não tem sido dada a ela a mesma importância que se verifica em outras técnicas nas análises ambientais.

Há que se pensar sobre sua sistematização e são poucos os que intentaram publicar algo nesse sentido. Podem-se encontrar alguns conceitos em Martinelli (1994), que

²⁵ MONTEIRO, C.A.F. The environmental quality in the Ribeirão Preto Region, S.P – An attempt. In: **Commission on Environmental Problems**, São Paulo: UGI, 1982.

_____. (Coord.) Centro de Estatística Informação (CEI). **Qualidade ambiental na Bahia**: Recôncavo e regiões limítrofes. Salvador, 1987.

em um artigo, tentou agrupar alguns estudos já publicados na área. Martinelli (1993) apresentou reflexões em seu texto sobre a “cartografia da geografia física” ou seja, a geomorfológica, a climática, a hidrográfica e a biogeográfica.

Uma cartografia que, nos dias de hoje, está atrelada, quase sempre, ao planejamento, manejo, zoneamento e gerenciamento ambiental, deve incorporar aspectos humanos e físicos em suas relações e representações. As conferências internacionais, que nos anos 80, institucionalizaram o conceito de sustentabilidade, contribuíram para consolidar uma abordagem holística na análise do meio ambiente, isto é, procuraram evidenciar as inter-relações de seus diversos fatores.

Nesse sentido, argumenta Martinelli (1997), não se pode continuar considerando mais a concepção dualística dessa cartografia: natureza de um lado, homem do outro, como componentes muitas vezes antagônicos.

Dessa forma, a cartografia, como qualquer ciência, de acordo com Martinelli (1994, p. 61),

[...] não pode ficar alheia a este movimento, porquanto tem potencial para participar dele, mediante mapas, com a tríplice função: de **registrar as informações**, de **processar os dados**, de **denunciar** as distorções e de **comunicar** os resultados obtidos a partir das pesquisas empreendidas sobre a questão. É neste contexto que poderemos conceber **uma cartografia ambiental**. Ela pode ser considerada um setor específico da cartografia temática.

Percebe-se que a questão de grande importância na cartografia ambiental está ligada ao seu poder de inter-relações entre os elementos, como expõe Herz (1997, p. 227):

[...] as relações funcionais e genéticas dos sistemas naturais podem completar-se a partir de estudos integrados que se adequam ao campo da análise ambiental, desde o uso de técnicas avançadas de modelagem, que tende ao desenvolvimento de métodos automatizados para a identificação dos níveis de dependência e relação de

componentes associados aos processos ambientais, desde sua estrutura sistêmica.

Para Ozenda²⁶ (1986), citado em Martinelli (1993, p. 318), a cartografia ecológica difere da ambiental, uma vez que *“a primeira, trata da representação da vegetação ou dos animais e respectivos fatores do meio que os condicionam, a segunda, incorpora também a ação humana, avaliando-se as interações entre suas atividades e o meio natural”*.

Conforme Cabrera (1984)²⁷, citado por Souza (1993, p. 19),

os estudos de cartografia ecológica partem do pressuposto de que as características ecológicas de um determinado território podem ser descritas através de um número grande de parâmetros, cujas relações de interdependência entre eles se exprimem espacialmente. Esta evidência permite então a delimitação de unidades homogêneas que podem ser mapeadas e descritas de forma integrada.

Nesse sentido, Pablo *et al.* (1987) ao proporem um método de cartografia ecológica, tomaram por base o uso de computadores e a teoria da informação, amostrando a área de estudo por meio de sobreposição de uma grade quadriculada.

No entanto, *“a concepção de uma cartografia ambiental constitui um desafio à cartografia temática. Ainda persiste certa indefinição para sua plena sistematização”* (MARTINELLI, 1997, p. 232). Essa indefinição em relação à cartografia ambiental passa por problemas metodológicos, quando se trabalha com dados ambientais, principalmente relacionados com escalas de mensuração diferenciadas. Silva (1992, p.47) explica que

a parametrização de problemas ambientais foi muitas vezes tentada com a associação de medições nas escalas de intervalo e razão a eventos ambientais que, na realidade, estavam se manifestando na singela escala nominal. Para o

²⁶ OZENDA, P. **La cartographie écologique et ses applications**: Ecological mapping and its applications. Paris, MASSONS, 1986. 166 p. Este livro trata da cartografia estritamente ligada à ecologia e à biogeografia.

²⁷ CABRERA, P. G. **Cartografía ecológica del Valle do Guimar**. Uma experiência metodológica. Universidad de La Laguna. La Laguna, 1984, 355p. Tese de licenciatura.

autor [...] as técnicas de sensoriamento remoto propiciaram uma visão sinótica dos problemas ambientais. [...] Tornaram-se possíveis investigações sistemáticas de todas as unidades territoriais onde seja suposto que estejam registrados eventos ambientais de interesse.

Martinelli (1997, p. 234) também aborda esse aspecto da escala tempo-espacial na cartografia ambiental, apontando “*que cada fenômeno tem sua duração para sua organização e sua manifestação espacial característica*”. Disso deriva que a cartografia ambiental deve conter, segundo o autor,

articulações de diferentes níveis de análise em conformidade com as ordens de grandeza em que os fenômenos se manifestam e [...] combinações e contradições que acontecem entre conjuntos espaciais definidos pelos fenômenos sob a apreciação, num mesmo nível tempo-espacial.

Na natureza a questão tempo/espço é fator essencial para essas discussões. A dinâmica, bem como sua evolução temporal, ainda continuam sendo desafios para a cartografia convencional (que mostra a realidade de forma estática, cada mapa individualmente) e para os SIGs. Enquanto que “*the passage of time is normally understood via changes we perceive occurring to objects in space their transformation over time and their movements in relation to one another*” (PEUQUET, 1994a, p. 441).

Não obstante, hoje existem técnicas de visualização cartográfica que preenchem um pouco essa lacuna, mas ainda não solucionam o problema. Isso pode ser feito por animação de mapas de um mesmo tema, uso e ocupação do solo, por exemplos, criados quadro a quadro, em um intervalo de tempo, em escalas temporais diferentes.

Essa técnica pode ser aplicada tanto por mapas elaborados pela cartografia convencional ou pelos SIGs. No entanto, a vantagem do SIG, em relação à cartografia digital, é a utilização de produtos provenientes do sensoriamento remoto, via imagens de satélite, em escalas diferentes e variações temporais (anual, mensal ou até mesmo diária).

Segundo, Peuquet (1994a), a cartografia, que foi bastante usada para a apresentação estática do mundo, agora pode utilizar-se do recurso espaço-tempo como fizeram MacEachren *et al.* (1999); Monmonier (1990) que incorporaram técnicas de oscilação de cores, seqüência de mapas estáticos temporais e gráficos suplementares, (conjugação de mapas mais gráficos mostrando a mudança em uma variável específica ou sobre a região inteira).

Apesar dessas técnicas, Aangeenbrug (1991) conclui que a integração dos recursos da dinâmica espaço-temporal no SIG tem ocorrido muito devagar e mesmo os modelos que já foram desenvolvidos nesse sentido não são largamente utilizados, devido a dificuldades de se abastecer o banco de dados diariamente.

No mesmo sentido, Câmara (2000, s.p.) afirma que, para alguns fenômenos dinâmicos, que envolvem tempo e modificação no espaço geográfico, como uso do solo, a tecnologia dos SIGs ainda não é adequada, e que um dos grandes desafios da Ciência da Informação Espacial é desenvolver técnicas capazes de representá-los. Equações iterativas, ao serem incorporadas em SIGs, simulariam fenômenos espaço-temporais.

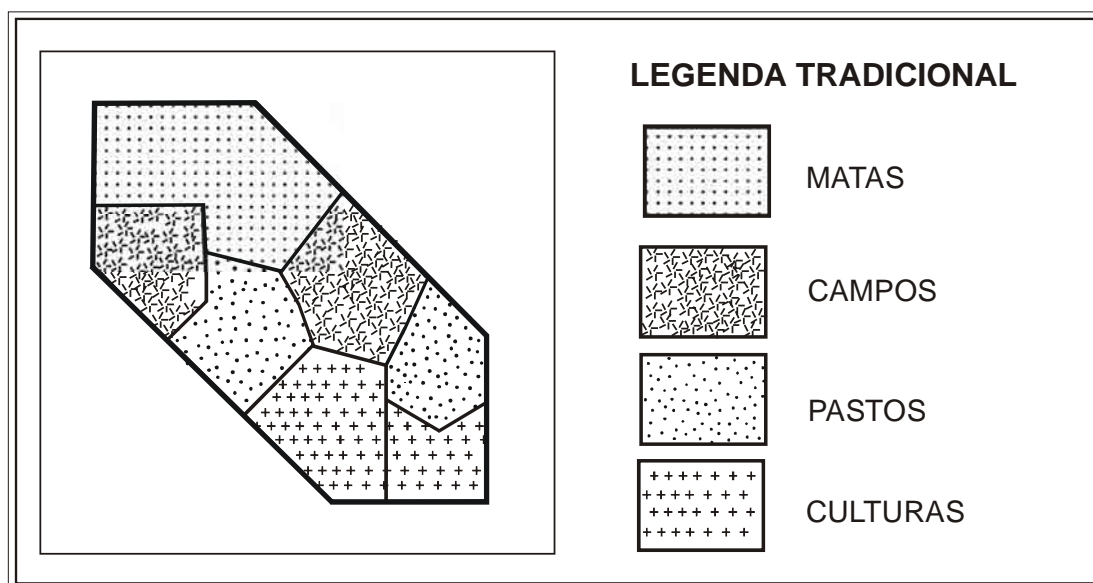
Percebe-se que, de acordo com MARTINELLI (1997), a proposta cartográfica que mais se aproxima da cartografia ambiental seria a de síntese, pois abarca o caráter sistêmico integrador, inerente a quase todas as pesquisas ambientais. No entanto, tem-se que tomar certos cuidados ao fazer uma cartografia de síntese; não basta apenas superpor ou justapor etapas analíticas que resultam em mapas com poluição visual, com variedade de símbolos. Isso só atrapalha a síntese e simplesmente impede análises mais elaboradas.

Tem-se que tentar agrupar atributos ou variáveis de interesse para a pesquisa, em locais com características semelhantes. A maneira arcaica de se produzirem essas análises era através da mesa de luz, sobrepondo várias transparências, umas sobre as outras. Segundo Herz (1997), deve-se hoje estabelecer sistematização dos dados

em lógica bidimensional, seqüencial e sinopticamente, para que as ligações nas ações de diagnóstico, possam ser sempre atualizadas por procedimentos de rotina desde o monitoramento das categorias, relações e atributos no espaço e no tempo.

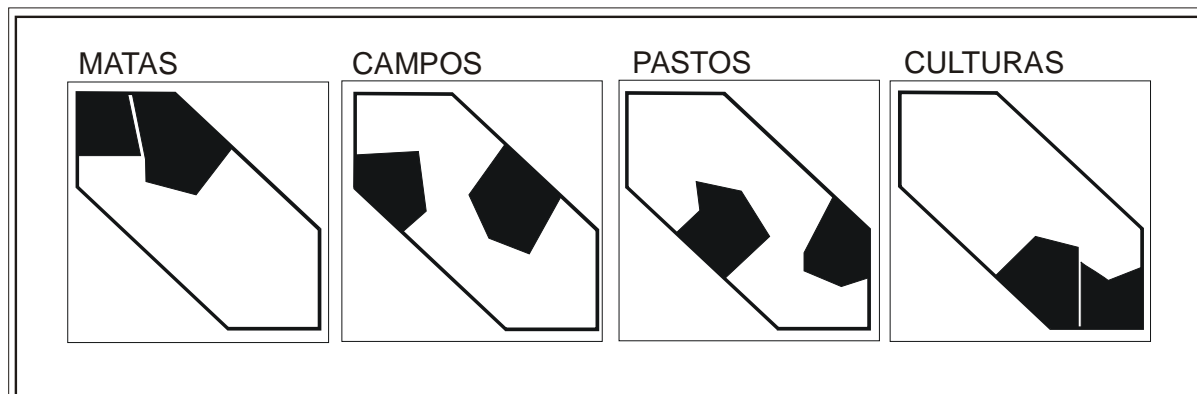
As propostas semiológicas desenvolvidas por Martinelli (1994) para a cartografia ambiental referem-se, principalmente, às legendas. Pois muitas vezes, elas não respondem à questão elementar: em tal lugar o que está? E a superposição de vários atributos, em mapas do tipo uso do solo, não responde à pergunta imediata: onde está? Assim sendo, é necessário analisar todos os atributos, na legenda tradicional, para depois fixar mentalmente a imagem de onde ele está e fazer a correlação de conjunto. (FIGURA 10) Isso pode ser resolvido por meio de coleção de mapas (FIGURA 11), para se observar cada atributo individualmente, ou mudando a legenda do mapa, como mostra Martinelli (FIGURA 12).

FIGURA 10 – LEGENDA TRADICIONAL



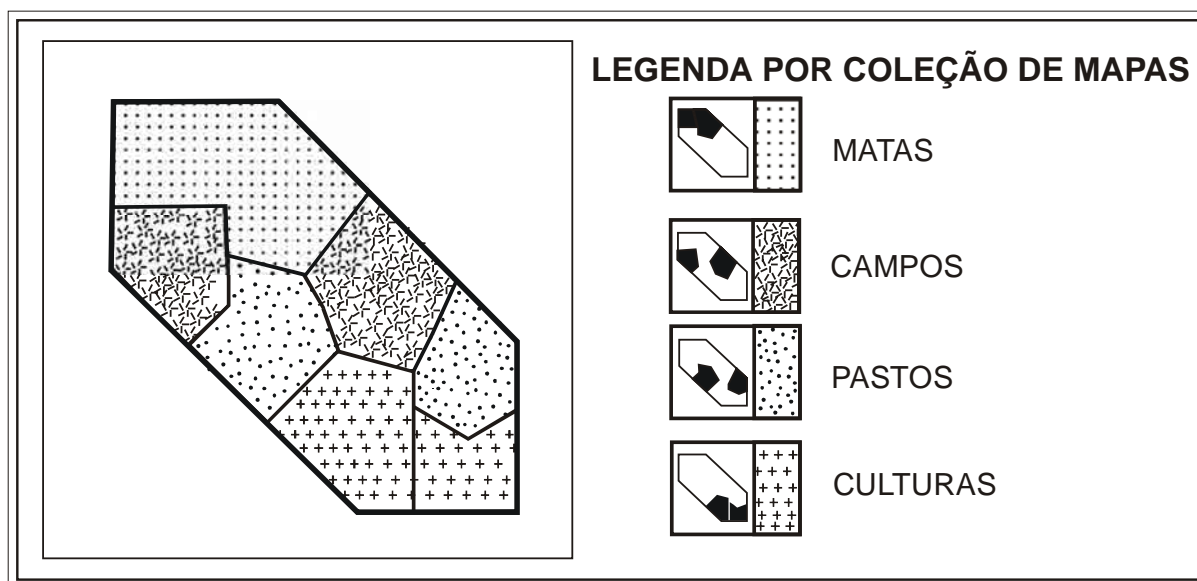
Fonte: MARTINELLI (1994)

FIGURA 11 – COLEÇÃO DE MAPAS



Fonte: MARTINELLI (1994)

FIGURA 12 – LEGENDA POR COLEÇÃO DE MAPAS



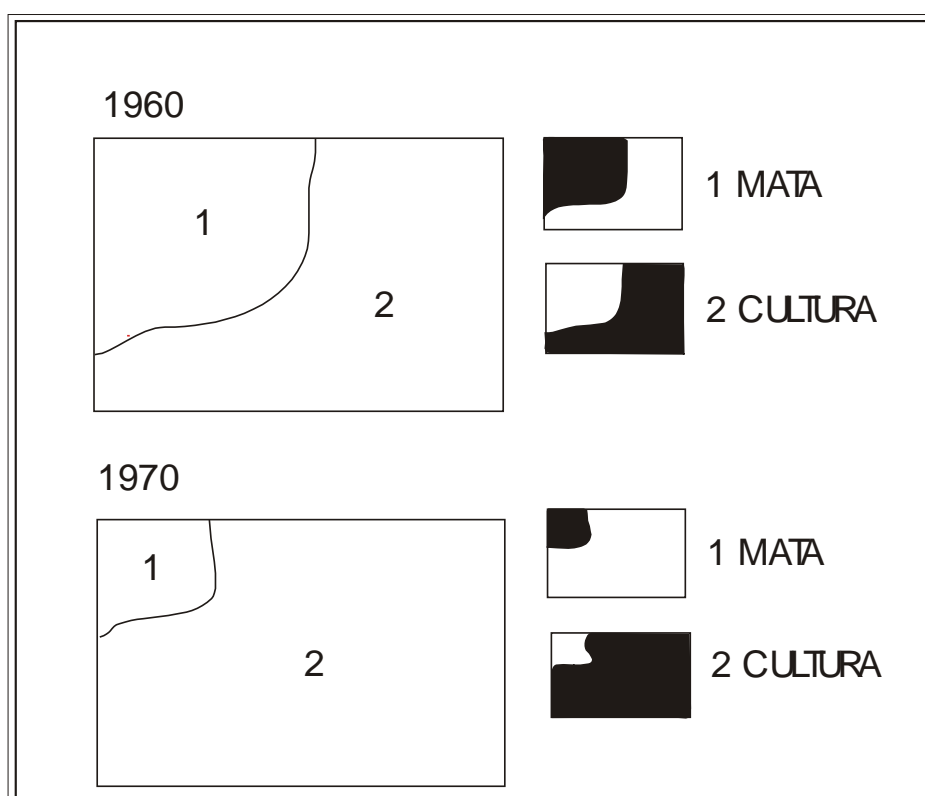
Fonte: MARTINELLI (1994)

Outra proposta refere-se à questão da dinâmica. Certos objetos mudam de posição e de aparência. Para considerarmos mapas dinâmicos, devem-se confrontar várias edições de um mesmo tipo de mapa, numa seqüência temporal (MARTINELLI, 1994). Para essa representação basta aplicar valor visual mais claro para a primeira data e mais escuro para a segunda, revelando, assim, a evolução da cultura. No

entanto, afirma o autor, existe problema nessa representação: ela não indica o sentido da evolução da cultura.

Bertin (1973, 1977)²⁸, citado por Martinelli (1994, p. 74), recomenda, para solucionar esse problema, um mapa de superposição para cada data com legendas por coleção de mapas, o que permite ao leitor ter acesso ao aspecto dinâmico em dois níveis: elementar (o que houve em tal lugar?) e de conjunto (que mudança espacial teve tal atributo? (FIGURA 13).

FIGURA 13 – MAPA DE SUPERPOSIÇÃO



Fonte: MARTINELLI (1994)

²⁸ BERTIN, J. **Sémiologie graphique**, Paris, Mouton, 1973.

_____. **La graphique et le traitement graphique de l'information**, Paris, Flammarion, 1977.

Martinelli (1997:241) conclui que

a cartografia ambiental ainda não atingiu sua completa sistematização. Deverá persistir muita conjugação de esforços entre os especialistas das ciências ambientais e os que se dedicam à cartografia temática, no intuito de estabelecer uma metodologia apropriada, com o fim de dinamizar essa forma de comunicação em prol do esclarecimento da sociedade sobre a questão ambiental.

Herz (1997, P. 231) afirma que “...a expectativa da cartografia ambiental ainda nessa década é a de contar com instrumentos poderosos derivados da automatização”.

Nesse contexto, observa-se que a cartografia ambiental ainda caminha no sentido teórico, necessitando de sistematização. Ela se fortalece enquanto acopla técnicas digitais mais eficazes, como o SIG para as análises ambientais. Por outro lado, ao mesmo tempo que essas técnicas são incorporadas aumentam os problemas relacionados à visualização da informação e a comunicação dos dados. O desenvolvimento teórico e conceitual não ocorre com a mesma rapidez das novas técnicas de produção do material cartográfico. Isto faz com que a ciência cartográfica fique sempre desatualizada teoricamente.

2.2.4. TENDÊNCIAS ATUAIS DA CARTOGRAFIA

Observam-se profundas transformações de cunho técnico e teórico na cartografia e conseqüentemente na geografia. Essas mudanças são derivadas da introdução do computador no tratamento da informação e na produção dos mapas²⁹. As técnicas modernas colocaram essa ciência, conforme Morrison (1989, p.169), “... *in a state of near-revolution [...] this makes the current period unique in the history of cartography*”. Para o autor não se devem abandonar as velhas tecnologias e sim

²⁹ Sobre o tema geografia automatizada vide:

DOBSON (1983 e 1993); ARMSTRONG.(1993); CROMLEY (1993); GOODCHILD, (1993); MARBLE, PEUQUET, (1993); MONMONIER (1993); PIKLES (1993); MATHER (1994).

acoplá-las às atuais. As novas tecnologias, bem como a globalização, de acordo com Morrison (1989, p.169), mudaram a tarefa de comunicar tornando-a mais complexa, pois o papel potencial dos mapas aumentou e dinamizou-se.

Vale ressaltar que esses produtos cartográficos (mapas) são nada mais que linguagens especiais (SANTOS, 1987) que fazem uso dos signos, suas combinações racionais e objetivas, para contribuir com as atividades científicas. Hoje “... na geografia usam-se [SIG's] e os sistemas simbólicos, mapas, gráficos, diagramas, para descrever, analisar e comunicar a informação geográfica” (SANTOS, 1987, p. 2).

Este sistema de símbolos foi alvo de pesquisas em cartografia, desenvolvidas nos anos de 1950, incorporando métodos de pesquisa da psicologia, que examinava a relação estímulo-resposta desses símbolos individualmente. Nessa época, esses estudos voltaram-se para a psicologia cognitiva³⁰, objetivando saber como os mapas são mentalmente processados, “... thus was established the link between cartography and psychology wich persists today” (MEDYCKYJ-SCOTT; BOARD, 1991, p. 203). Algumas das obras mais importantes nesse sentido foram *The look of maps*, Robinson (1952) E, Posteriormente, *The Nature Of Maps*, ROBINSON; PETCHENIK (1976).

Medyckyj-Scott; Board (1991) também apontam que, na última década, os cartógrafos reconheceram, com maior ênfase, a importância dos processos cognitivos no estudo da comunicação cartográfica e no uso dos mapas, embora essa linha tenha sofrido críticas no final dos anos 60 e início dos 70 (PETCHENIK, 1975). Para os autores, essa mudança na visão sobre a psicologia cognitiva trouxe dois resultados: a idéia de mapa como uma **linguagem cartográfica**, desenvolvida

³⁰ Cognição: “... all the processes by which the sensory input is transformed, reduced, elaborated, stored, recovered, and used...such terms as sensation, perception, imagery, retention, recall, problem solving and thinking, among others, refer to hypothetical stages or aspects of cognition”. MEDYCKYJ-SCOTT; BOARD (1991, p.208)

sobre a lingüística semiótica, e a pesquisa psicológica sobre **processos da informação humana**.

Muitos cartógrafos, continuam os autores Medyckyj-Scott; Board (1991), mudaram a direção da sua pesquisa, desviando-a da linha psicológica por falta de um arcabouço teórico. Agora a pesquisa está relacionada à **teoria da comunicação e da informação** o que, segundo os autores, pode ser explicado pelos eventos contemporâneos de psicologia. Esses autores criticam a linha de pesquisa de Bertin (1967a, b) que interpreta os processos cartográficos somente em termos de semiótica, relatam que não se aceita universalmente esse conceito, existindo argumentos contrários em Robinson; Petchenik (1976) e Keates (1982). Porém, a cognição é uma veia forte no caminhar da cartografia e é ainda utilizada nas mais modernas técnicas de **visualização cartográfica**, que será apresentada adiante.

No entanto, com o advento da tecnologia dos SIGs o que se aplica hoje é o aperfeiçoamento do tradicional método de “*overlay mapping*” (TOMLIN, 1990). Castro (2000a, p. 68) concorda com Tomlin e afirma “*os conceitos convencionais da cartografia formam a base para o desenvolvimento de sistemas digitais em cartografia*”.

Bertin (1989) compartilha da idéia de Morrison (1989) sobre estarmos em uma fase revolucionária da cartografia. No entanto, acrescenta críticas ao advento do computador que parece ter interferido no papel dos mapas, vistos como um fim neles mesmos, sendo raramente usados como um processo de tomada de decisão.

Martinelli (1995), referindo-se à adoção de tecnologias pela cartografia, chama a atenção para não se confundir a representação cartográfica com os produtos de imagem de satélite, que são inovações digitais que ajudam a produzir mapas temáticos. Desse modo, listam-se as diferenças entre esses produtos (QUADRO 03):

QUADRO 3 – DIFERENÇAS ENTRE PRODUTOS DIGITAIS E MAPAS

PRODUTOS	
Sensoriamento Remoto	Representação Cartográfica
<ul style="list-style-type: none"> - <i>Fotografias Aéreas</i> - <i>Imagens de Satélite</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Mapas</i> - <i>Cartas</i> - <i>Cartogramas, etc.</i>
Não há simbolização	Há simbolização, legenda e símbolos
São representações da superfície	São representações da superfície que indicam o que há, onde está, como, quando, quanto e o por quê?
Não contêm interpretações	Resultam das interpretações de produtos do sensoriamento remoto
Necessita de um tratamento prévio no produto, fotointerpretação ou processamento digital e correção geométrica ou georreferenciamento a partir de uma carta topográfica ou de pontos coletados no campo via GPS (<i>Geographical position System</i>).	O mapa pode ser visto sob vários paradigmas, como: sistêmico ou semiológico.

Fonte: MARTINELLI, 1995.

Organizado e Modificado por: SILVA, L.M.(2001)

Papp-Váry (1989, p.109) afirma que a cartografia digital pode somente se desenvolver sobre as bases existentes e, por um tempo, a nova cartografia deve viver lado a lado com o método convencional de elaborar mapas. O mais importante para o autor é que a nova tarefa da cartografia deve ser a de criar uma teoria que possa satisfazer as demandas práticas emergentes dessa nova tecnologia. Nesse sentido, ressaltam-se as novas técnicas de visualização cartográfica e a questão espaço-tempo. Esta questão, ainda não resolvida pela nova era tecnológica e pela cartografia moderna, tem exigido muitos esforços em pesquisas para solucioná-la, ou seja, representar o espaço e o tempo na visualização cartográfica de maneira mais próxima da realidade.

Várias denominações³¹ são dadas a essa nova fase tecnológica da cartografia. O importante é que todas elas têm a cartografia convencional como ferramenta-base

³¹ Encontram-se atualmente na bibliografia sobre o tema os termos: Cartografia digital PAPP-VÁRY (1989), CROMLEY (1992), PEUQUET (1994), CASTRO (2000a); Nova Cartografia MÜLLER (1991), TAYLOR (1985); Visualização Cartográfica DiBIASE (1994); Visualization in Scientific Computing - Visualização em Computação Científica-(VISC); WOOD (1994), BURROUGH (1998), UNWIN (1994), HEARNshaw; UNWIN (1996); Cartografia Automatizada ou Cartografia Assistida por Computador DOBSON (1983).

para o desenvolvimento da cartografia digital e para os sistemas de informação geográfica (SIG). Novas funções surgem a partir do desenvolvimento da cartografia digital. O mapa, visto sob a forma digital, transforma-se e dinamiza-se, fazendo parte da nova era da informação, ganha *status* e atualiza-se mais rapidamente.

Cromley (1992, p. 2) alerta que, apesar dos vários nomes que surgem para essa nova fase, “...*they do not reflect the significance of the revolution and do not necessarily represent a new paradigm*”.

Mas, visto que existem essas novas denominações, é imprescindível entender o que trata a cartografia digital que, segundo Castro (2000a, p.69), “... *envolve sistemas de entrada e armazenamento de dados, do tipo CAD (Computer Aided Design) e sistemas de editoração gráfica de dados, do tipo CorelDraw*”. É pertinente aqui já distinguir SIG de CAD, pois sabe-se que encontram-se grandes diferenças entre eles. No primeiro, ocorre o armazenamento da topologia do mapa; no segundo, a maioria dos desenhos produzidos pelos CADs não possuem atributos descritivos, mas apenas propriedades gráficas, tais como cor e espessura. Câmara; Medeiros (1998a). No entanto, alguns CADs armazenam essa informação, como por exemplo o AutoCAD, podendo-se até fazer algumas operações métricas, como área, distância e identificação de cotas altimétricas e de polígonos. Assim, alguma topologia é armazenada, mas não como no Banco de Dados de um SIG.

Taylor (1994) relata que existem ao menos duas visões sobre a cartografia moderna e suas relações com o SIG. A primeira, analisa a cartografia assistida por computador como parte do SIG e na segunda, o SIG é uma superestrutura sobre o sistema cartográfico assistido por computador. Para o autor é simples a correlação: nem todo CAD tem componentes de SIG, e o contrário não ocorre, todo SIG tem sistemas cartográficos assistidos por computador.

Maguirre (1991) explica que os CAD's são sistemas que têm ligação rudimentar com a base de dados, usam relações topológicas simples e têm capacidade analítica limitada. Para o autor, a Cartografia Digital utiliza estrutura de dados simples e tem

facilidade de produzir mapas com alta qualidade no formato vetorial. É impossível falar em cartografia digital ou nova cartografia sem falar em SIG; o paralelo entre um e outro sempre é encontrado na bibliografia³².

Para visualizar esses produtos dos CAD's e do SIGs (mapas, cartas, gráficos, tabelas) usa-se a nova técnica advinda com essa fase digital. Relaciona-se, por exemplo, com o VISC. (*Visualization in Scientific Computing - Visualização em Computação Científica*).

VISC para Wood (1994), é a descrição dos processos das imagens cognitivas para produtos cartográficos concretos, abrindo novas possibilidades de inovação no seu desenvolvimento e uso da cartografia como uma ferramenta exploratória. De acordo com Visvalingam (1996), "*ViSC is the discipline concerned with developing the tools, techniques and system for computer-assisted visualization*". Para Peterson (1994, p. 27), "*...cartographic visualization may be viewed as a logical extension of cartographic communication. The explicit interest in the map as a form of communication has fundamentally changed cartography over the past 40 year*".

Earnshaw; Wiseman³³ citados em Unwin (1994, p.516), definem *Scientific Visualization*, como "*... exploring data and information graphically, as a means of gaining understanding and insight into the data*". Esta técnica surge como uma novidade na visualização dos cenários produzidos por SIGs e pela cartografia moderna, que abarca novos *softwares* para apresentação dos produtos de pesquisas geográficas. Nesse tipo de visualização, a interação do usuário é a novidade mais contundente, pois é ele quem modifica e apresenta os dados dinamicamente, não mais da forma estática de tempos atrás. Hoje em dia, pode-se dizer que os atlas digitais, desenvolvidos em *softwares* que possibilitam a interação, mudança de cores, legenda e escala são uma forma dinâmica de visualizar a informação cartográfica.

³² CROMLEY (1993); MARBLE; PEQUET (1993); MORRISON (1989); PAPP-VÁRY (1989)

³³ EARNSHAW, R.A.; WISEMAN, N. (ed.) **An introductory guide to scientific visualization**. Berlin: Springer-Verlang, 1992.

Unwin (1994) faz um paralelo entre o VISC e a teoria da semiologia gráfica. Para o autor, a teoria de BERTIN foi subestimada *pelos “english-speaking-geographers”*, devido ao fato de a bibliografia ter sido publicada primeiramente na língua francesa, e enaltece o trabalho de Bertin (1967a) como base para VISC, afirmando

It should be evident that the ideas of graphical information processing, the monossemic nature of graphics and this confidence in the human eye/brain to find patterns in complex data rich graphics, are almost a manifesto for what has subsequently been called VISC (UNWIN, 1994, p.518).

Baseado em Bertin (1967), novas formas para visualização dos mapas foram acrescentadas na técnica do VISC. Além das variáveis que o autor priorizou na linguagem semiológica, como (tamanho, valor, granulação, cor, orientação e forma), novas variáveis, como “... *focus (as in photography), realism (through virtual reality), interaction, projection, time and sound*” foram incorporadas, para atender às demandas vigentes da comunicação visual (McGRANAGHAN³⁴, 1993 citado em UNWIN, 1994, p.519).

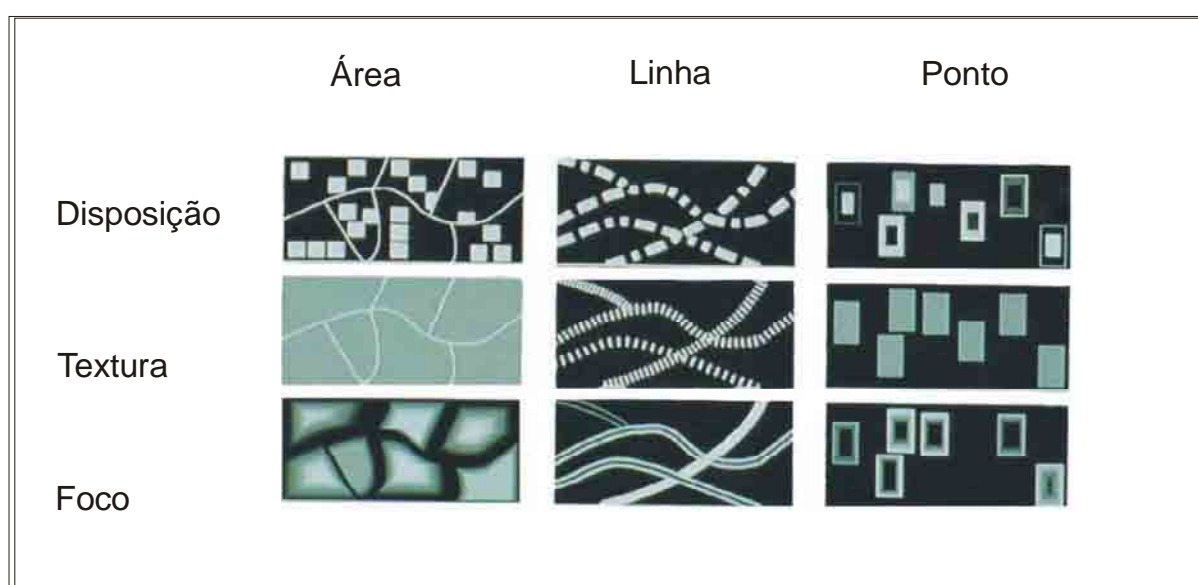
Os autores Davies; Medyckyj-Scott (1996) consideram ainda, além das variáveis citadas, a saturação a disposição e a textura (FIGURA 14). Essas novas variáveis, se comparadas às de Bertin (1967a), (no que se refere à representação visual das características dos novos componentes) ainda não estão sendo aplicadas com frequência e a discussão de seu significado ainda é muito insipiente.

A interação em um mapa é a habilidade do usuário de modificar parâmetros dos problemas, obtendo rápidos resultados e motivando-o a explorar os dados, O movimento é chamado pelo autor Mcgranaghan *op. cit.* citado em Unwin (1994) por projeção, em que se incorporam som e movimento. Para Davies; Medyckyj-Scott (1996) ele é a animação dos dados através da variável tempo e dos recursos *fly-through*, como os encontrados nos SIGs para visualização de MDTs.

³⁴ McGRANAGHAN. A cartographical view of spatial data quality. **Cartographica** 30, 8 - 10, 1993.

Outros tipos de visualizações são *multiple views*, *multiple users of the same information*, *user-designer duality*; a primeira é a visão múltipla, que significa mudar, por exemplo, o intervalo de classes de um mapa sócio-econômico, o segundo, múltiplos usos da mesma informação em que o usuário partilha das idéias e processos amostrados, e por último, a interatividade, que é capaz de tornar o usuário autor de mapas, gráficos utilizando-se dos resultados.

FIGURA 14 – NOVAS VARIÁVEIS VISUAIS E OS MODOS DE IMPLANTAÇÃO



FONTE: DAVIES; MEDYCKYJ-SCOTT (1996, p.193)

Segundo Taylor (1994), a **comunicação cartográfica** (Figura 15) via visualização por meio de computadores incorpora elementos importantes, antes não vislumbrados, como som, principalmente. A visualização cartográfica e as técnicas de multimídia revitalizam o conceito de cartografia como um processo de comunicação. Mas Taylor (1994, p.337) chama a atenção para os novos produtos eletrônicos cartográficos, pois “...they are different from the paper map and the human brain’s perception of electronic images is not the same as that of traditional products”.

FIGURA 15 – COMUNICAÇÃO VISUAL



Fonte: MACEACHREN (1994)

O Salichtchev³⁵ (1982), citado por Papp-Váry (1989, p. 108), resume o futuro da cartografia apontando para uma cartografia sistematizada sistêmica, que leve em consideração os aspectos holísticos de uma pesquisa geográfica, como os socio-ambientais:

the future of cartography will be systematic mapping of the environment (social-economic complexes and geosystems) and by the economy and culture. In systematic mapping, individual map elements are only sub-systems; thus the thematic maps will not be produced separately or individually but in close co-operation. This form of map production requires the theoretical evaluation of the internal and external relationship between elements and the working out of the hierarchical levels of individual elements.

³⁵ SALICHTCHEV, K.A. Idei i teoreticheskie problemi kartografii, 80-h godov **Kartografia** 10, Moscow, 1982, VINITI, 156 p.

2.2.5. ATLAS DIGITAIS OU ELETRÔNICOS

"L'image est non pas une illusion du savoir, au même titre et dans les mêmes proportions qu'elle est une illusion du réel, mais un moyen supplémentaire d'appréhender le réel, un moyen complémentaire de constituer un savoir."

Jean FELLER³⁶

Outra tendência, advinda dos avanços computacionais e da cartografia digital, é a produção de Atlas Digital. É crescente a incorporação de técnicas de visualização cartográfica que auxiliem, dinamizem e facilitem a apresentação dos mapas, bem como dos textos. Isso se viabiliza, porque, *"com a digitalização do som e da imagem, estática ou em movimento, o computador passa a manipular, com a mesma facilidade, informações numéricas, textuais, sonoras e visuais"* (RUSSO, 1999, p. 4).

Por esses motivos, por intermédio das discussões sobre as tendências da cartografia, cada vez mais são incorporadas linguagens antes não vislumbradas no método convencional de produzir mapas, culminando em uma mudança de paradigmas cartográficos.

Recentemente, constatam-se o surgimento e difusão da técnica da multimídia como recurso para a atualização de Atlas de vários países, da forma convencional para a digital, como no BRASIL (Pina; Cruz, 1999); no Canadá (Frappier; Williams, 1999); na Suíça (Neumann; Richard 1999); na Alemanha (Senatsverwaltung, 1993); em alguns estados, como São Paulo (Dantas, 1995), Paraná (Skroch; Cintra, 2000); e aplicado a bacias, (Seelhorst, 2000). Esse processo dinâmico é facilitado pela integração de grandes quantidades de informação em espaço e tempo curtos, ocupando um Cd-Rom, por exemplo. Essa atualização perpassa tanto os dados sócio-econômicos quanto os dados físico-ambientais.

³⁶ In: Yaives, Ferland (1997). **Les défis théoriques posés à la cartographie mèmment à la cognition.**
<http://www.cybergeog.presse.fr/semiogra/semiogrf.htm>

A técnica de visualização de gráficos e mapas em ambiente computacional fascina adultos e crianças e os leva a aprender, de forma diferenciada, sobre temas geográficos e leva o pesquisador a repensar o papel da comunicação para crianças, jovens e adultos.

A palavra Multimídia, de acordo com Russo (1999, p. 5), “... *descreve qualquer audiovisual que tenha tecnologia digital*”. Para Tori; Araújo (1995, p.106) é “... *o ramo da informática que possibilita a criação de aplicativos envolvendo diferentes meios de apresentação de informações, como textos, imagem, som, animação e vídeo*”. Segundo Holsinger (1994)³⁷, citado em Russo (1999, p. 7), “*a multimídia tem potencial para ser uma das formas mais poderosas de comunicar idéias, de procurar informações e de vivenciar novos conceitos que qualquer outro meio de informação já inventado. A interatividade é o elemento-chave na definição de multimídia*”.

Para Chaves (1991)³⁸, citado em Russo (1999, p. 8), “*...a multimídia é realmente completa quando se tem a participação do usuário, ao contrário disso, ocorre uma subutilização do computador e a interatividade torna-se essencialmente linear, sendo o usuário apenas um observador passivo*”.

A tendência mundial de adoção dos aparatos tecnológicos para auxiliar principalmente a ciência cartográfica veio aumentar a interatividade na comunicação dos mapas³⁹, além de mostrar-se uma eficiente ferramenta de aprendizado, “*... com forte potencial didático-pedagógico, uma vez que o usuário interage com a apresentação*” (CASTRO *et al.*, 1997, p.75).

Outra tendência de uso dos recursos de multimídia baseia-se nas aplicações do SIG, dando aos “profissionais e usuários envolvidos mais uma ferramenta para que

³⁷ HOLSINGER, E. **Como funciona a Multimídia**. São Paulo: Quark do Brasil, 1994.

³⁸ CHAVES, E.C.O. **Multimídia, conceituação, Aplicações e Tecnologia**. São Paulo: People Computação, 1991.

³⁹ Vide periódico especial sobre o tema, Visualization of spatial data. In: **International Geographical information Science**, 1999, v. 13, n.4. Os artigos de: KRAAK, M.*et al.*; GAHEGAN, M.; MACEACHREN, A. *et al.*; CARTWRIGHT, W.; PETERSON, M.

as atividades de planejamento, operação e análise, possam ser executadas de maneira mais precisa e exata (...)” (TORI; ARAÚJO, 1995, p.127). A interatividade, bem como a aplicação dos recursos de multimídia, voltam-se atualmente para a produção de Atlas em meio digital do que se faz necessário o entendimento das técnicas envolvidas no estudo dos Atlas eletrônicos existentes.

De acordo com Skroch; Cintra (2000 s. p), um atlas eletrônico “... é uma coleção de mapas disponível em ambiente digital, que permite a utilização de recursos de animação de mapas e interatividade. Além disso, possibilita que o usuário crie seus próprios mapas e analise os dados espaciais”. Segundo as autoras, “... os mapas digitais vieram dinamizar as tarefas de apresentação de resultados e análises, facilitando a solução de problemas e a tomada de decisões”.

Para Pina; Cruz, (1999 s. p), “... o poder analítico dos computadores deu ao conceito de Atlas uma dimensão extra, possibilitando uma maior interação entre o usuário e o Atlas”.

Segundo Slocum (1998)⁴⁰, citado em Skroch; Cintra (2000 s. p),

O Atlas eletrônico, na sua forma mais simples, é uma coleção de mapas que está disponível em um ambiente digital. Ele pode manter as características dos Atlas em papel, porém, deve tirar vantagem das capacidades computacionais, permitindo explorar dados, animação e recursos de multimídia.

De acordo com Kraak; Ormeling⁴¹ citado em Pina; Cruz, 1999 s. p, os Atlas Eletrônicos podem ser divididos basicamente em três tipos: 1) Atlas de visualização ou (*ready only*), 2) Atlas interativo e 3) Atlas analítico, a saber:

Atlas de visualização: [...] podem ser considerados versões eletrônicas dos atlas em papel, sem nenhuma função extra.

⁴⁰ SLOCUM, T. **Thematic Cartography and Visualization**. 1 ed. New Jersey, Prentice Hall, 1995, 257 p.

⁴¹ KRAAK, M. J.; ORMELING, F. J. **Cartography, Visualization of Spatial Data**, 3 ed. Longman, London, 1, 1998. 222 p.

Normalmente os mapas são imagens *raster* dos mapas originais em papel. A vantagem em relação aos atlas convencionais está no fato de serem mais baratos de produzir e distribuir, bem como fáceis de atualizar;

Atlas interativo: [...] permite a manipulação de suas bases de dados, através de um ambiente interativo, em que o usuário pode alterar as cores dos mapas, ou escolher diferentes números de classes ou de métodos de classificação nos mapas coropléticos;

Atlas Analítico: [...] Utiliza toda a potencialidade do ambiente computacional e das funções de geoprocessamento, permitindo uma maior interatividade, como também a produção de novos mapas.

As funções que devem estar presentes são:

- [...] *Alteração de cores*, espessura e linhas, inclusão e exclusão de toponímias, seleção de temas (*layers*) que irão compor o mapa e seleção da escala de apresentação.
- *Cálculos geométricos* instantâneos como: distância entre dois pontos, ou cálculo de área, bem como apresentação das coordenadas dos pontos, à medida que o cursor navega pelo mapa.
- [...] *Movimentação* ao longo do mapa, [...] visualização de uma região em diversas escalas, e apresentação de novas feições compatíveis com a escala selecionada.
- *Seleção* de um item no banco de dados tabular e imediata visualização na tela, na maior escala possível.
- [...] *Funções de multimídia* como inserção de fotografias, vídeos e áudios, para maior entendimento do assunto em questão.

O Atlas de visualização e o interativo podem utilizar o formato de apresentação dos mapas tanto em TIF, JPEG quanto vetorial (DXF), isso dependerá do ambiente computacional em que foi desenvolvido. Já o Atlas Analítico, com funções de SIG, tem apresentação vetorial e matricial e proporciona cálculos de distância, área, visualização das coordenadas, etc..

Mais especificamente, ao se trabalhar com a produção de um “Atlas Ambiental”, em meio digital, faz-se necessário o entendimento das técnicas envolvidas e o estudo de Atlas eletrônicos existentes. Nesse sentido, buscar-se-ão as bases conceituais em dois artigos principais aplicados, um, à produção de um Atlas Brasileiro, (Pina; Cruz, 1999) e, outro, ao desenvolvimento de um Atlas Eletrônico no Estado do Paraná (Skroch; Cintra, 2000).

Os Atlas digitais agregam elementos (mapas ou textos) tanto na forma vetorial, quanto *raster*. Os primeiros formatos são encontrados na cartografia digital e nos SIGs (geralmente são utilizados para a entrada de dados via AutoCAD, ou para saída de mapas via Corel-Draw;), e, o segundo, somente no ambiente SIG. No dado raster é permissível fazer análises espaciais, o que não é possível acontecer na cartografia digital que, somente apresenta as informações descritivas do ambiente, traduzidas na forma de mapas, e as superpõe. De acordo com Valério Filho, (1995, p.135) [...] *esta metodologia é condicionada por limitações físicas quanto ao número de mapas passíveis de superposição simultânea, e apresenta uma certa fragilidade quando comparada à uma abordagem empírico-analítico quantitativa*”.

A grande novidade desses Atlas é a viabilização na Internet (rede mundial de computadores) tanto dos arquivos dxf com dos mapas prontos. Isto possibilita aos usuários o entendimento dos processos e fatos, disponíveis pelos mapas nas páginas dos Atlas existentes na *Web (Wide World Web)*. Esses processos podem ser os que ocorrem no município, região ou bacia enfocada. Além dessa disponibilização dos mapas, estão, também disponíveis, os arquivos em formato dxf (Auto Cad) ou cdr (Corel Draw) desses mapas para os “navegadores”, que podem ser estudantes ou pesquisadores, dentre outros. O mais importante é o acesso de todos à informação, sem discriminação. Evita-se, também, a reprodução continuada de mapas, de demorada execução, a cada nova pesquisa sobre certas áreas.

Assim, os Atlas digitais conjugam os novos conceitos de visualização cartográfica, sendo ferramenta indispensável para o aprendizado. Talvez o público que mais interaja com essa tecnologia sejam crianças e adolescentes, uma vez que já estão familiarizados com o computador.

2.3. O GEOPROCESSAMENTO NAS PESQUISAS AMBIENTAIS

Nesse tópico trata-se da tecnologia do Geoprocessamento, os conceitos e as aplicações na análise espacial. São apresentadas a forma e a descrição dos dados geográficos e como são feitas as manipulações nesse ambiente computacional, denominado SIG.

2.3.1. HISTÓRICO E CONCEITOS BÁSICOS DE GEOPROCESSAMENTO

No século XX, um dos grandes fenômenos tecnológicos introduzidos nas ciências foi o GIS, termo advindo do inglês – *Geographical (Geographic) Information System* ou, em português, SIG – Sistema de Informação Geográfica. Teve seu início em estudos realizados, primeiramente, no Canadá, 1964, e posteriormente nos EUA, 1967-1969⁴². (TEIXEIRA; CHRISTOFOLETTI, 1992)

Os esforços, em pesquisas usando esse recurso tecnológico, eram sempre isolados e relacionavam-se com necessidades específicas de pesquisas em algumas áreas de aplicação (ROSA; ROSS, 1999). Dessa forma, os primeiros SIGs surgiram como aplicativos, em 1960, mas na maioria das vezes se pareciam com os CADs atuais. Nessa época, os primeiros SIGs a serem produzidos foram o “*Canadian Geographic Information System – CGIS*”, liderado pelo geógrafo Roger Tomlinson; depois o “*Minnesota Land Management Information System*” e o “*New York Land Use and Natural Resources Inventory – LUNR*”; a maior parte deles foi desenvolvida por órgãos governamentais. Na linha acadêmica, em 1965, é produzido por Torsten Hägerstrand (geógrafo sueco) o cadastro de informações georreferenciadas de propriedades rurais (SILVA; SILVA, 1999).

Em 1970, houve uma queda nos preços dos recursos computacionais e uma maior aproximação da técnica do SIG com a ciência geográfica, ocorrendo a primeira

⁴² Primeiros Sistemas implantados: 1964 – Canadian Geographic Information System; 1967 – New York Landuse and Natural Resources Information Systems; 1960 – Minnesota Land Management Information.

conferência sobre SIGs em Ottawa, no Canadá, que confirmou os trabalhos que há muito tempo vinham sendo produzidos por geógrafos nas pesquisas com a utilização de SIGs.

Em 1980 aumentou a venda de produtos de SIG, principalmente para empresas que dominavam, os estudos nessa área. Coppock; Rhind (1991) denominam essa fase como a de domínio comercial, que se estendeu de 1982 até os fins dos anos 80. Em 1987, o departamento de Geografia da Clark University lançou o *Software* IDRISI, cujo nome é uma homenagem ao cartógrafo e geógrafo AL-IDRISI (séc-12).

No Brasil, têm-se o **SAGA** (Sistema de Análise Geo-ambiental, 1984), elaborado pelo geógrafo Jorge Xavier da Silva da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e o **SIGI** (Sistema Geográfico de Informação), produzido pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (1985), que atualmente se transformou em SPRING (Sistema de Processamento de Informações Geo-referenciadas) disponível na *internet*⁴³. Esses SIGs são pioneiros no país.

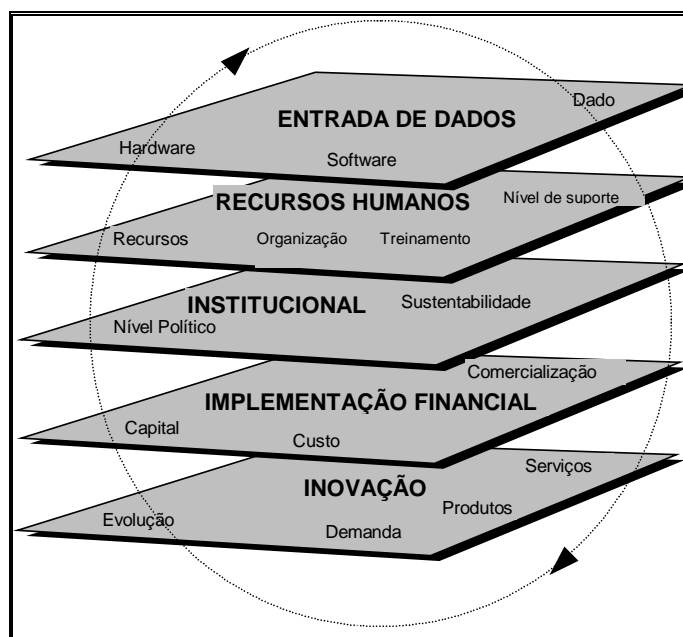
No entanto, existiram outros *softwares* no Brasil, como o “GEO-INF+MAP, denominado pela Unesp - Rio Claro; [...]; MAPSYSTEM pela UFSCAR; SIR e SIGA pela COMPANHIA DE RECURSOS MINERAIS-CPRM” (OLIVEIRA, A., 2000, p.35).

A década de 90 presenciou a disseminação da “cultura” SIG, por geógrafos, cartógrafos, engenheiros, urbanistas, empresas privadas, públicas e pelas instituições governamentais. Para Coppock; Rhind (1991), essa fase designa o domínio pelos usuários.

A fase de domínio dos usuários trouxe uma diversidade de profissionais trabalhando com a temática o que possibilitou e ainda hoje possibilita incorrer em erros cartográficos, técnicos e por vezes teóricos. As críticas aos profissionais e acadêmicos da análise espacial que utilizam essa tecnologia em suas pesquisas contribuiu para o aperfeiçoamento dos sistemas.

A cultura do SIG (FIGURA 16), trabalhada por diversos profissionais, é permeada por níveis de interação, que atendem às demandas e evolução da tecnologia: começa pela entrada de dados (*hardware*, *software* e dados), passando pelos níveis de recursos humanos (profissionais capacitados para atuar na área) pelo nível institucional (que talvez seja aquele de maior aplicabilidade das pesquisas), o suporte financeiro (que dá condições de implementação de projetos) e o nível da inovação, em que os produtos finais dos sistemas de geoprocessamento são veiculados na *internet*, escolas, faculdades, além de serem imprescindíveis para tomada de decisão.

FIGURA 16 – RELAÇÃO DOS NÍVEIS DE APLICABILIDADE DOS SIGs



Organizadora: LUSSANDRA MARTINS DA SILVA (2001)

Na geografia brasileira a aplicabilidade dessa tecnologia já começou a ser vislumbrada, em termos teóricos, com o início da propagação da nova geografia, nas décadas de 1950 e 1960. A filosofia analítica, baseada em princípios matemáticos lógicos, trouxe um novo olhar sobre a realidade geográfica, que passou a ser

⁴³ <http://www.dgi.inpe.br/spring>

analisada sob aspectos matemáticos, probabilísticos (GERARDI; SILVA, 1981) e por meio de modelos⁴⁴, os quais mais tarde seriam amplamente tratados pelos SIGs. Alguns autores, como Branco (1997) concordam que essa fase de implementação de novas tecnologias e de técnicas deu à ciência geográfica novo *status*, culminando na consolidação da geografia teórica da década de 1970.

Silva (1992, p.50), a respeito da pesquisa na análise ambiental, por meio de geoestatística e geoprocessamento, relata que este é um “... *campo científico relativamente consolidado, sendo inclusive objeto até de textos didáticos no Brasil há alguns anos [por] GERARDI; SILVA, 1981 e SILVA et al. 1988*”.

A contribuição da geografia na evolução dos SIGs foi muito grande. Muitos geógrafos foram pioneiros na consolidação do fenômeno tecnológico, criando e aperfeiçoando, tanto as pesquisas, quanto os Sistemas de Informação Geográfica existentes. Essa importância veio somente confirmar o que já se fazia há algum tempo, pois “os geógrafos sempre trabalharam com algum tipo de sistema de informação geográfica na medida em que priorizaram a localização espacial dos fenômenos em suas análises e conclusões” (SILVA, SILVA, 1999 s. p).

Além disso, o arcabouço teórico-geográfico pode ser trabalhado, salvo algumas restrições, em um SIG (FIGURA 17). É o que mostra o artigo de Câmara (2000), evidenciando que os conceitos de espaço podem ser “... *um ponto de partida para o estabelecimento dos fundamentos epistemológicos da ciência da informação*”. O autor expõe os conceitos de espaço não só pela visão da escola teórica, mas por todas que se empenharam em desenvolver teoria sobre o espaço geográfico, e faz a associação delas com a representação computacional nos SIGs hoje.

O *status* dos conceitos geográficos (FIGURA 18) é referenciado por vários autores⁴⁵ citados nesse trabalho, pesquisadores em tecnologia e em análise espacial.

⁴⁴ Sobre o assunto vide:

CHORLEY(1962); CHORLEY; KENNEDY (1971); CHORLEY; HAGGETT (1975); CHORLEY; HAGGETT (1969)

⁴⁵ CÂMARA (2000), (1998b), COFFEY (1981); DOBSON (1993); MARBLE (1993)

FIGURA 17 – EIXOS TEÓRICOS DA GEOGRAFIA E DO GEOPROCESSAMENTO

TEORIA	TECNOLOGIA SIG ASSOCIADA	CONCEITO-CHAVE	REPRESENTAÇÃO COMPUTACIONAL	TÉCNICAS DE ANÁLISE
Geografia Idiográfica	1980 – meados dos anos 1990	Unicidade de Região (Unidade Área)	Polígonos e Atributos	Interseção, conjuntos
Geografia Quantitativa-1	Final da década de 1990	Distribuição Espacial	Superfícies (Grades)	Geoestatística + Lógica Fuzzy
Geografia Quantitativa-2	Meados da década de 2000	Modelos Espaço -Tempo	Funções	Modelos Multi-escala
Geografia Crítica	A partir do século 21	Objetos e Ações Espaço de Fluxo e Espaço de Ações	Ontologias e Espaços não Cartográficos	Representação do Conhecimento

Fonte: CÂMARA (2000)

Modificado por: LUSSANDRA MARTINS DA SILVA, 2001.

2.3.2. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG), CONCEITOS E ANÁLISE ESPACIAL

Uma das mais importantes características epistemológicas do SIG, na visão de Ahlqvist (2000, p. 105), *“is the implicit role of technology [...] as way to solve any problems connected to analysis [...] the effects of technology are commonly seen as a solution, which emancipates the research through more efficient analysis of the data”*. Por meio desta tecnologia, a transposição do meio natural, ou seja, da realidade geográfica, para um ambiente computacional pode ser feita *“... através de um contínuo processo de análises sucessivas, com as quais identificamos, classificamos e explicamos a presença de conjuntos estruturados de objetos e atributos que julgamos existir na realidade ambiental”* (SILVA, 1992, p.49).

O ambiente computacional que consegue realizar esses processos é conhecido como SIG ou GIS, definido por vários autores como apresentam Maguirre (1991); Burrough (1998) e Silva (1999)⁴⁶ (QUADRO 04).

⁴⁶ Os autores elencados são citados em MAGUIRRE (1991) BURROUGH (1998) e SILVA (1999)

DEUKER (1979) "A special case of information systems where the database consists of observations on spatially distributed features, activities, or events, which are definable in space as points, lines, or areas. A GIS manipulates data about these points, lines, and areas to retrieve data for ad hoc queries and analysis.

OZEMOY, et al. (1981) "An automated set of functions that provides professionals with advanced capabilities for the storage, retrieval, manipulation, and display of geographically located data".

BURROUGH (1986) "A powerful set of tools for collecting, storing, retrieving at will, transforming and displaying spatial data from the real world".

DEVINE et al. (1986) "A form of MIS (Management Information System) that allows map display of the general information".

OPENSHAW (1987) "um sistema basicamente concernido em mais descrever a terra do que analisá-la. Ou, se preferir, é a tradicional geografia do século XIX reinventada e vestida com a tecnologia digital do século XX".

SMITH, et al. (1987) "A database system in which most of the data are spatially indexed, and upon which a set of procedures operated in order to answer queries about spatial entities in the database".

DOE (Department of Environment) (1987) "A system for capturing, storing, checking, manipulating, analyzing and displaying data which are spatially referenced to the earth".

COWEN (1988) "A decision support system involving the integration of spatially referenced data in a problem-solving environment".

PARKER (1988) "An information technology which stores, analyses, and displays both spatial and non-spatial data".

PARENT (1988) "Um sistema que contém dados espacialmente referenciados que podem ser analisados e convertidos em informações para uso em conjunto específico de finalidades. A característica principal de um SIG é analisar dados para gerar novas informações".

HANIGAN (1988) "Um SIG é qualquer sistema de gerenciamento de informações capaz de coletar, armazenar e recuperar informações baseadas nas suas localizações espaciais; identificar locais dentro de um ambiente que tenha sido selecionado a partir de determinados critérios; explorar relações entre os dados de um certo ambiente; analisar os dados espaciais para subsidiar os critérios de formulação de decisões; facilitar a exportação de modelos analíticos capazes de avaliar alternativas de impacto no meio ambiente; exibir e selecionar áreas, tanto graficamente quanto numericamente, antes e/ou depois das análises".

ARONOFF (1989) "Any manual or computer based set of procedures used to store and manipulate geographically referenced data".

KOSHKARIOV, et al. (1989) "A system with advanced geo-modeling capabilities".

CARTER (1989) "An institutional entity, reflecting an organizational structure that integrates technology with a database, expertise and continuing financial support over time".

STAR; STES (1990) "Um sistema que surgiu como um meio de reunir e analisar diversos dados espaciais"

GOODCHILD (1991) "É um banco de dados contendo uma discreta representação da realidade geográfica na forma estática de objetos geométricos, em duas dimensões, com seus atributos ou dados não espaciais associados, com uma funcionalidade grandemente limitada pelas operações geométricas primitivas para criar novos objetos ou para computar as relações entre objetos, ou para simples interrogações e descrições sumárias".

QUADRO 4 – CONCEITUAÇÕES SOBRE SIGs

	DEFINIÇÃO AUTORES	Ferramenta	Banco De Dados	Suporte À Decisão	Modelagem	Institucional	Aplicativo	Banco De Dados Organizacional
1	DUEKER (1979)							
2	OZEMOY et al. (1981)							
3	BURROUGH (1986)							
4	DEVINE et al.(1986)							
5	SMITH et al. (1987)							
6	DOE (1987)							
7	OPERSHAW							
8	COWEN (1988)							
9	PARKER (1988)							
10	PARENT (1988)							
11	HANIGAN (1988)							
12	ARONOFF (1989)							
13	KOSHKARIOV, et al. (1989)							
14	CARTER (1989)							
15	STAR; STES (1990)							
16	GOODCHILD (1991)							
17	BONHAM-CARTER (1994)							
18	CÂMARA; MEDEIROS (1998)							

Fonte: MAGUIRRE (1991); BURROUGH (1998) e SILVA (1999).

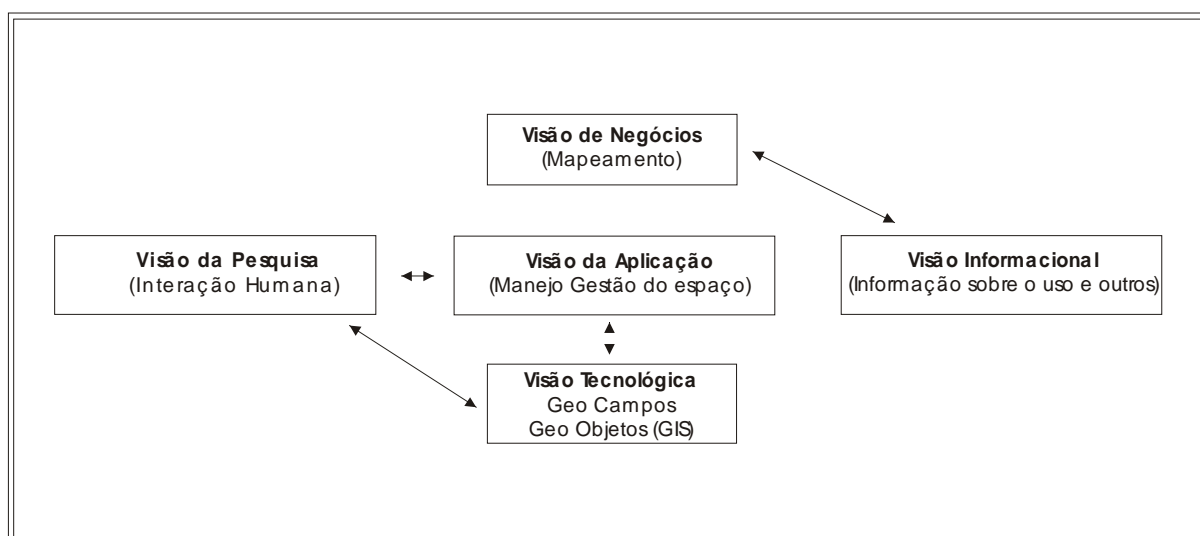
Nessas definições são encontradas visões diferentes sobre o conceito de SIG. No entanto, a similaridade conceitual ocorre quando se considera que o SIG trata sempre das informações geográficas ou espacialmente distribuídas. Encontram-se definições mais sofisticadas, ou seja que incorporam equipamento, banco de dados, aplicativos, infra-estrutura, o problema a ser tratado, e o tipo de dado. Na visão de Burrough (1998), os autores Ozemoy *et al.* (1981), Carter (1989) e Cowen (1988) definem SIG como base de dados organizacionais. Segundo Maguirre (1991), as conceituações desses autores são, respectivamente, interpretadas como aplicativo, institucional e suporte à decisão.

Nas conceituações, definidas pelos autores tratados por Maguirre (1991), Burrough (1998) e Silva (1999), que datam de 1979 a 1998, a questão da análise espacial não é muito explícita, embora exista.

Na (FIGURA 18) são apresentas as cinco visões sobre o SIG. Três dessas visões estão estreitamente mais interligadas: visão pesquisa, tecnológica e aplicabilidade (gestão do espaço). A visão tecnológica dá o substrato para que as pesquisas e o manejo e gestão do espaço sejam realizadas, pois os avanços nessa linha ajudam a dinamizar as técnicas nas outras duas visões. Já a visões informacionais e de negócios ligadas mais ao mercado tratam da venda das informações, tanto de mapeamentos quanto de tipos de usos sem comprometimento com as outras três visões.

Observam-se visões diferenciadas sobre os SIGs, umas que se ligam estreitamente com outras, como a visão pesquisa e visão tecnológica. Essas teorizam sobre o assunto e tentam produzir material capaz de comprovar os resultados almejados. A visão informacional e dos negócios, vista aqui como colocação de produtos no mercado, via produtos de mapeamento ou prestação de serviços de suporte, como digitalização. E por fim a visão da aplicação, intermediária, que ligada muito mais à visão da pesquisa geográfica e da visão tecnológica, tenta planejar e gerir o espaço de posse das análises das variáveis do ambiente.

FIGURA 18 – VISÕES SOBRE O SIG



Organizadora: LUSSANDRA MARTINS DA SILVA (2001)

Em Bonham-Carter (1994, p. 1), *“GIS is a computer system form managing spatial data [...] have functional capabilities for data capture, input, manipulation, transformation, visualization, combination, query, analysis, modeling and output”*. Essa visão apresenta-se como suporte para análise espacial de fenômenos e traz novos conceitos cartográficos, como a visualização, que será discutida futuramente.

Já em Câmara; Medeiros (1998a, p. 3), a definição enfatiza as análises complexas e a produção cartográfica. Para o autor, os *“Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Os SIGs tornam possível ainda a automatização da produção de documentos cartográficos”*.

Burrough (2000, p.1) afirma que, após 30 anos de desenvolvimento tecnológico, *“We have been able to link models of planning or marketing, of ecology, of hydrological or meteorological or geological processes and the like to our spatial databases in attempts to capture the interactions between pattern and process in geographical space”*. Isso pode ser feito porque as entidades do mundo real podem ser reduzidas a simples entidades geográficas, como ponto, linha, área e *pixels*.

A realidade espacial expressa por informações geográficas apresenta uma “natureza dual” de acordo com Câmara; Medeiros (1998a). Para esses autores, que explicam essa dualidade, embasando-se em Dolfuss (1991)⁴⁷ e Worboys (1995)⁴⁸, o espaço geográfico é caracterizado por localizações nas quais ocorrem fenômenos geográficos. Estas regiões, então, são identificadas pelas coordenadas geográficas, ou seja, pela sua posição relativa, pois, já que são localizáveis no espaço, são cartografáveis. Maguirre (1991, p. 11) nesse sentido, explica que a *“reality is represented as a series of geographical features defined according to two data elements. The geographical (also called location) data element is used to provide a reference for the attribute (also called statistical or non-locational) data element”*.

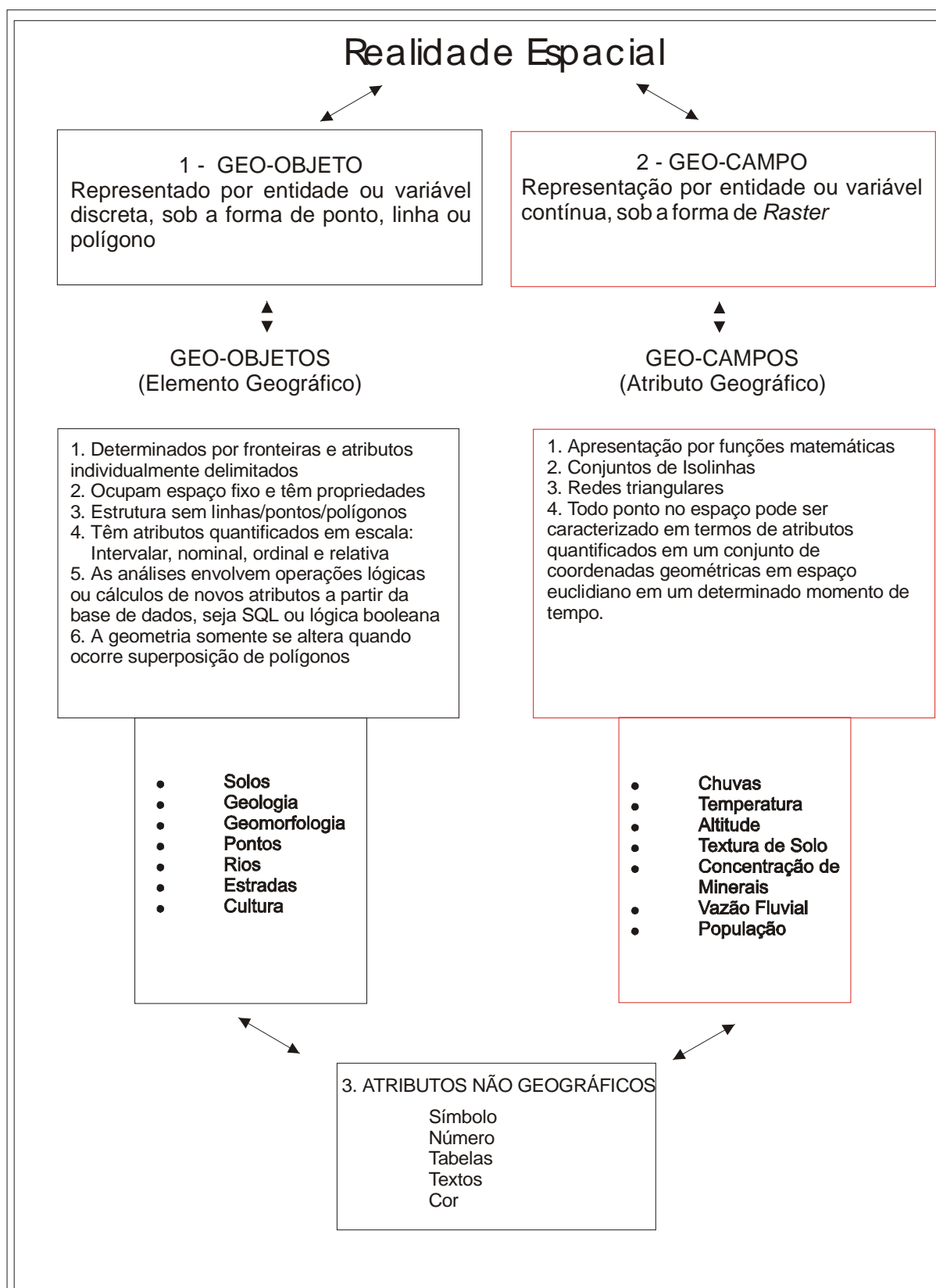
⁴⁷ DOLFUSS, O. **O espaço geográfico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1991.

⁴⁸ WORBOYS, M. F. **GIS: A computing perspective**. London: Taylor & Francis, 1995.

Desta forma, a informação espacial define-se por estar relacionada “... à existência de objetos com propriedades, localização no espaço e sua relação com outros objetos” (CÂMARA; MEDEIROS, 1998a, p. 5). Portanto, concluíram os autores, que o espaço geográfico e a informação espacial, “... são duas formas complementares de conceituar um objeto de estudo em geoprocessamento” (CÂMARA; MEDEIROS, 1998a, p.27).

A realidade espacial em ambiente SIG (Figura 19) pode ser descrita conceitualmente por **geo-campos** ou **geo-objetos** representados por variáveis contínuas e discretas, respectivamente. Existem entidades discretas ou geo-objetos (elemento geográfico), que apresentam descontinuidade na representação dos objetos no espaço geográfico e campos contínuos ou geo-campos (atributo geográfico), representados por variáveis que cobrem todas as posições geográficas. O objeto é a representação física da entidade geométrica, ou seja, a sua representação digital. Por exemplo, um rio ou uma cultura em determinada imagem é exemplo de um geo-objeto. Já a temperatura, topografia, teor de minerais, vazão fluvial, população, declividade, chuvas são exemplos de geo-campos, representados por funções matemáticas, conjuntos de isolinhas e redes triangulares.

FIGURA 19 – REALIDADE ESPACIAL EM SIG



Fonte: Adaptado de FERREIRA (2000a)

Os atributos são dados não-espaciais e representam qualquer característica descritiva de uma entidade. São representados no mapa por cor, símbolo, número, tabela, texto, etc. Geralmente esses objetos não-espaciais não possuem localizações espaciais, não são georreferenciados, mas podem ser agregados em um SIG. No entanto, eles são componentes importantes que identificam visualmente os atributos espaciais.

Conforme Câmara *et al.* (2001), *“um geo-objeto é um elemento único que possui atributos não espaciais e está associado a múltiplas localizações geográficas. A localização pretende ser exata e o objeto é distinguível de seu entorno”*. De acordo com Câmara *op. cit.* (2001) a definição de geo-objeto tem três grandes motivações adicionais: a) as projeções cartográficas, b) as representações geométricas em diferentes escalas e c) as múltiplas representações temporais.

a) As projeções cartográficas: a projeção planar da Terra, a partir de escalas macrorregionais, é feita com o uso de quadrículas que estão particionadas em sistemas de referência independentes que definem recortes arbitrários no espaço e podem dividir a localização de um geo-objeto. Por exemplo, um particionamento cartográfico da Amazônia na projeção UTM, escala 1: 250.000, faz com que os principais rios tenham representações geométricas descontínuas em vários mapas;

b) Representações geométricas em diferentes escalas: na prática, num mesmo banco de dados geográfico, podem conviver representações da mesma realidade geográfica em diferentes escalas geográficas. Por exemplo, considere-se um conjunto de mapas dos municípios do Estado de São Paulo, que inclui um mapa geral (na escala de 1:1.000.000) e mapas regionais (na escala de 1:100.000). Nesta situação, um mesmo geo-objeto (p.ex., o município de São José dos Campos) teria duas representações geométricas: uma contínua no mapa regional do Vale do Paraíba e outra descontínua nas folhas na escala 1: 100.000;

c) Múltiplas representações temporais: as diferentes representações de um mesmo objeto podem corresponder a variações temporais do mesmo, como no caso de um lago que teve suas bordas alteradas.

Os geo-objetos, podem ser transcritos sob a forma de vetor por ponto, linha e polígono (área), como a sede de um município, a rede fluvial e o uso da terra, que ocupam espaços fixos e têm propriedades e atributos que podem ser quantificados em escalas intervalar, nominal, ordinal e proporcional. São permitidas operações topológicas de adjacências e métricas (distância e área) nos geo-objetos.

O formato vetorial representa a realidade do objeto, com coordenadas (contínuas), não mensuradas. Neste formato é mais difícil aplicar análises espaciais. Existem duas principais tipologias associadas ao vetor em um SIG, a do arco-nó e a do arco-nó-polígono. A do arco-nó é uma rede linear conectada ao arco-nó-polígono (área), nas quais se armazenam as informações referentes aos vizinhos (CÂMARA; MEDEIROS, 1998b).

Segundo Câmara *et al.* (2001) “*um geo-campo representa a distribuição espacial de uma variável que possui valores em todos os pontos pertencentes a uma região geográfica, num dado tempo t*”. Os autores acrescentam importante detalhe ao definir o geo-campo: a questão do tempo, que pode ser evidenciado através de várias representações de um mesmo geo-campo em tempos diferentes $t_1, t_2, t_3... t_{N-1}$. Assim, pode-se representar, segundo os autores, diferentes cronologias do uso do solo, sazonalidade da vegetação ou a dinâmica das variáveis climáticas. Existem três tipos de geo-campos, conforme Câmara *et al.* (2001), o **temático**, o **numérico** e o **dado do sensor remoto**.

O temático associa a cada ponto do espaço um tema de um mapa: um geo-campo de vegetação é caracterizado pelo conjunto de temas (floresta densa, floresta aberta, cerrado). O numérico associa a cada ponto do espaço um valor real (mapa de campo magnético ou de altimetria); O dado do sensor remoto é uma especialização do numérico, obtido através de discretização da resposta recebida por um sensor de uma área da superfície terrestre.

Segundo Burrough (1986, p. 7), os dados geográficos descrevem objetos do mundo real em termos de:

a) their position with respect to a known coordinate system; **b)** their attributes that are unrelated to positional (such a color, cost, pH, incidence of disease, etc.); **c)** their spatial interrelations which describe how they are linked together or how one can travel between them.

As correlações podem ser evidenciadas sob a forma de escalas de análise: espacial, temática, temporal e topológica. Assim, o mundo é, no geoprocessamento, um conjunto de objetos discretos e contínuos, seus atributos e suas relações. Assim, “... os SIGs foram projetados para atender a um paradigma limitado no qual os fenômenos do mundo real possam ser aproximados por tipos de dados geográficos exatos” Burrough; Frank⁴⁹ citado por Branco (1997, p. 79). Essa abordagem conceitual existente atualmente é fruto de “... idéias desenvolvidas em diferentes áreas, tais como na agricultura, botânica, computação, economia, matemática, fotogrametria, cartografia e principalmente na geografia” (FERREIRA, 1997, p.28).

Os fenômenos geográficos são estruturados nos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) nos formatos *Vector* e/ou *Raster*. No (QUADRO 05 e FIGURA 20) são apresentadas suas características e representações. Esses dados geralmente são provenientes de mapas analógicos e é necessário transformá-los para o formato digital para se produzirem análises espaciais em SIG.

⁴⁹ BURROUGH, P. A.; FRANK, A. U. “**Concepts and paradigms in spatial information: are current geographical information system truly generic?**” In: International Journal Geographical Information Systems,v.9,n.2, 1995, p.101-116.

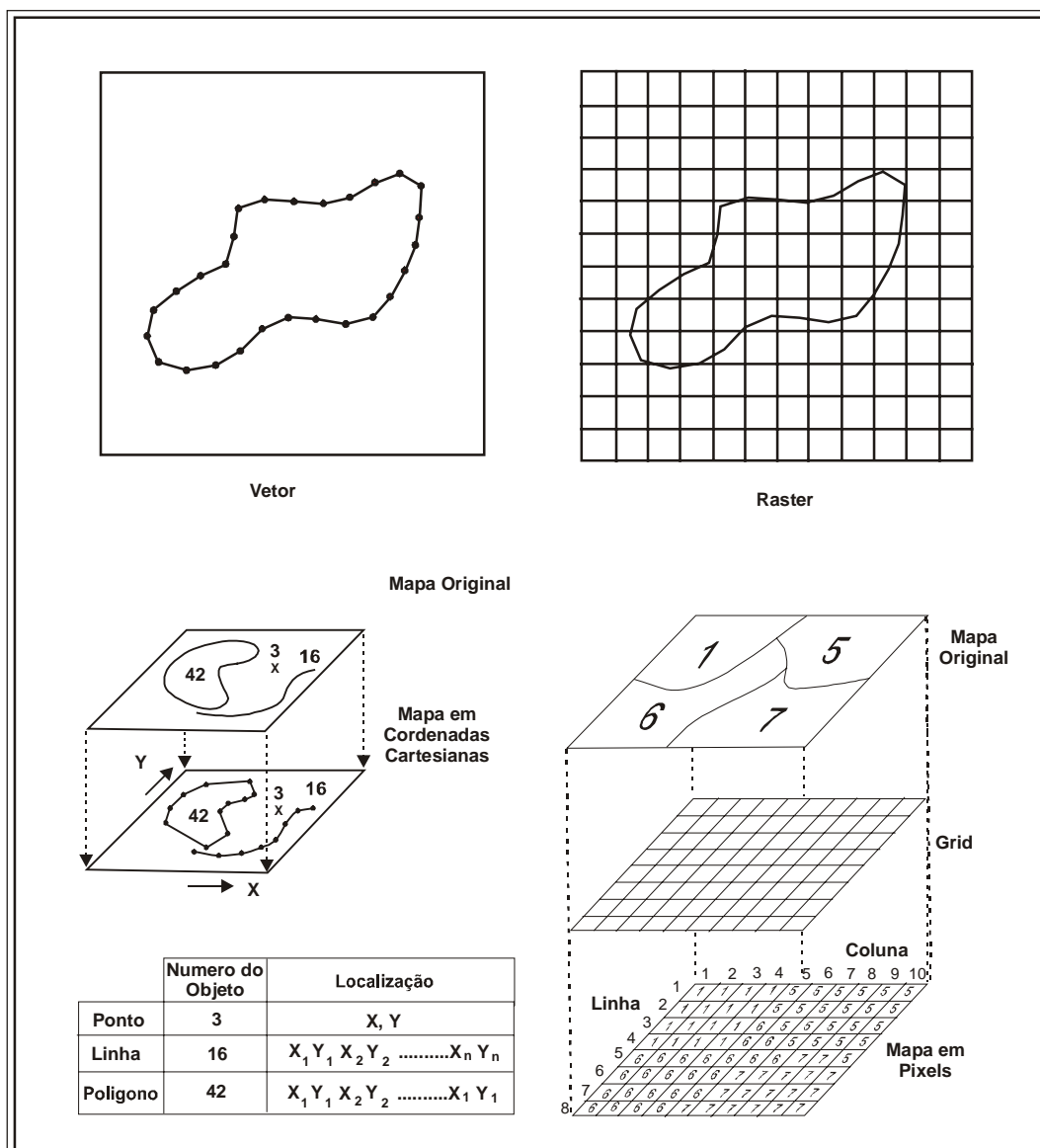
QUADRO 5 – COMPARAÇÃO DE VETOR X RASTER NA REPRESENTAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS:

ASPECTO	REPRESENTAÇÃO VETORIAL	REPRESENTAÇÃO MATRICIAL
Relações Espaciais entre Objetos	Relacionamentos Topológicas entre objetos disponíveis	Relacionamentos espaciais devem ser inferidos
Ligação com banco de dados	Facilita associar atributos a elementos gráficos	Associa atributos apenas a classes do mapa
Análise, simulação e Modelagem	Representação indireta de fenômenos contínuos A Álgebra de Mapas é limitada	Representa melhor fenômenos com variação contínua no espaço Simulação e modelagem mais fáceis
Escalas de Trabalho	Adequado tanto a grandes quanto a pequenas escalas	Mais adequado para grandes escalas (1:25 000 e maiores)
Algoritmos	Problemas com erros geométricos	Processamento mais rápido e eficiente
Armazenamento	Por coordenadas (mais eficiente)	Por matrizes

Fonte: CÂMARA ; MEDEIROS 1998b, p. 24.

A estrutura *raster* é composta de *pixels*, com forma e tamanho uniformes, geocodificada com categoria e valor. Neste formato, a escala é a relação entre o tamanho da célula no banco de dados e o tamanho da célula na realidade. A resolução espacial é o número que quantifica a relação entre a distância medida no terreno e a distância no mapa, como na escala convencional. Quanto maior for o *pixel*, menor será a resolução espacial. Uma alta resolução está ligada à uma maior discriminação dos elementos no espaço. Na matriz o ponto é representado por uma simples célula do *grid*, a linha por um número de células vizinhas e a área ou região por aglomeração de células circunvizinhas (CÂMARA *et al.*, 2001).

FIGURA 20 – REPRESENTAÇÃO VETORIAL E RASTER



Fonte: PEUQUET (1994b)

Os mapas digitais, amostragem binária da realidade em pixel (*raster*) ou matrizes, têm que ter uma padronização na representação espacial de sua resolução, que pode, por exemplo, estar de acordo com a escala em uso. Segundo Silva (1999) como a largura mínima e máxima impressa é de 0,15 e 0,80 milímetros, respectivamente é sugerida que a resolução espacial seja definida em relação à escala e à largura máxima e mínima, como se segue no quadro 6.

QUADRO 6 – ESCALAS DE MAPA VERSUS FAIXA DE RESOLUÇÃO ESPACIAL

Escala do mapa	Faixa de resolução espacial	Resolução espacial ideal
1 : 5000	0,8 a 3 m	1,3 m
1:10 000	1,5 a 6 m	2,5 m
1: 20 000	3 a 12 m	4,2 m
1: 30 000	4 a 18 m	7,3 m
1: 50 000	7,5 a 30 m	12,7 m
1: 75 000	11 a 45 m	17,3 m
1: 100 000	15 a 80 m	25,4 m

Fonte: SILVA (1999, p.84)

Na escala de 1:100 000 na faixa de resolução espacial de 15 a 80 metros deve-se usar de acordo com o autor uma resolução de 25, 4 metros. Outros autores como Gerardi; Sanchez (1988) concluíram que

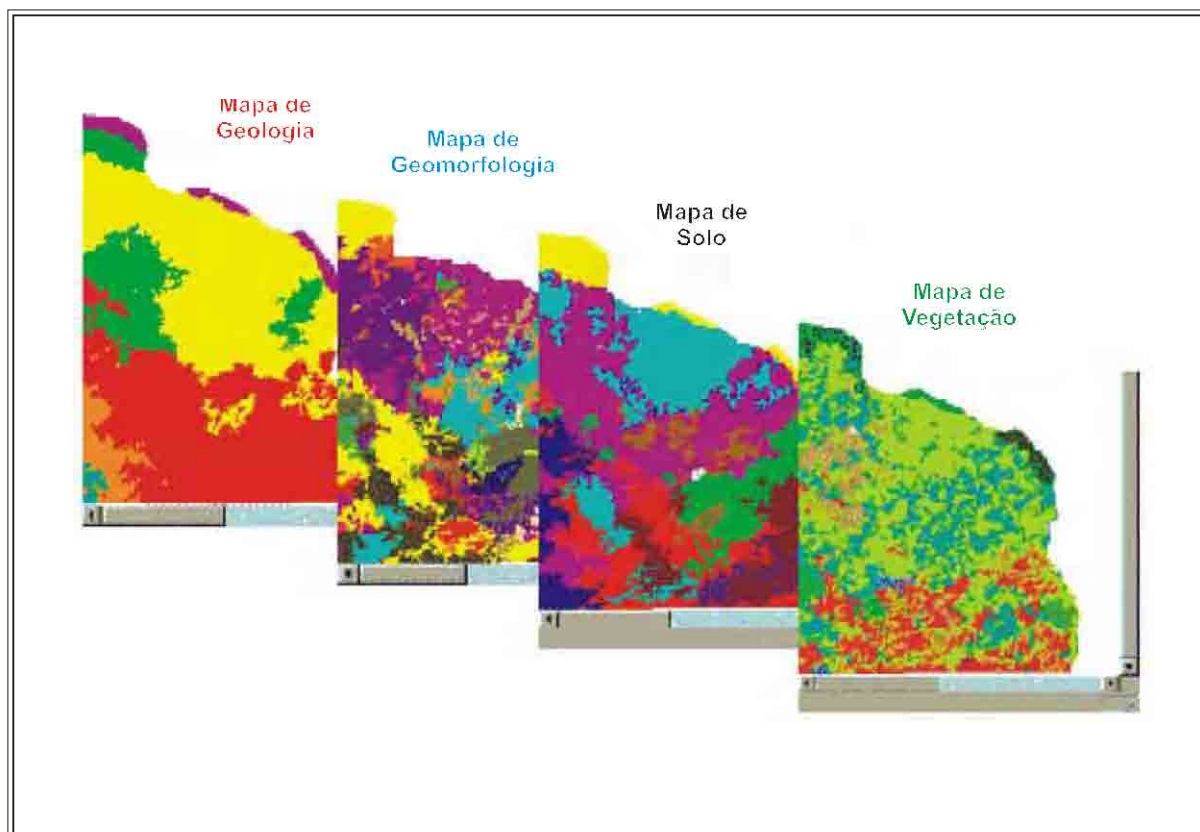
o tamanho da célula, que representa o extrato da amostra, deve guardar relação estreita com as áreas das figuras que representam as várias categorias do espaço. [...] espaços mais homogêneos podem ser eficientemente amostrados através de malhas de células maiores, enquanto que espaços heterogêneos, onde as categorias espaciais são muito diversificadas, devem ser amostrados através de malhas mais densas.

A questão da resolução espacial é muito importante, dela derivam mapas com resolução compatível às escalas e aos fenômenos geográficos amostrados.

Os dados geográficos reduzem-se a três conceitos topológicos básicos, ponto, linha e área (polígono), que no SIGs estão vinculados a um par de coordenadas UTM, geográfica, etc. O mapa, portanto, “ *is a set of points, lines, and areas that are defined both by their location in space with reference to a coordinate system and by their non spatial attributes*” (BURROUGH, 1986, p. 13).

Assim, ao se transpor o mundo real para o SIG, os conjuntos de dados são representados como mapas, chamados de *layers* ou planos de informação (FIGURA 21). Ao utilizar-se funções de análises espaciais nesses *layers* ou planos de informação, como as operações lógicas de álgebra booleana (e - ou - não), consegue-se produzir novos *layers* que podem representar a interação dos fenômenos enfocados, conforme o objetivo de cada estudo.

FIGURA 21 – EXEMPLO DE LAYERS



Fonte: BARBOSA (2001)

Com base nas descrições conceituais que envolvem o giieoprocessamento, tem-se o entendimento de que a análise espacial é “a *evolução espacial e temporal de um fenômeno geográfico e as inter-relações entre diferentes fenômenos*” (CAMARA; MEDEIROS, 1998a, p. 8).

No entanto, Bailey (1995) relata que há muito problema ao se definir análise espacial. Isto advém da própria natureza do SIG, que é uma área multidisciplinar, e que as terminologias e metodologias desenvolvidas refletem interesses particulares de cada campo. Mas o autor a define como *“a general ability to manipulate spatial data into different forms and extract additional meaning as a result”* (BAILEY, 1995, p. 15).

Haining (1995, p. 45), descreve análise espacial como:

sometimes defined as a collection of techniques for analyzing geographical events where the results of analysis depend on the spatial arrangement of the events. By the term “geographical event” [...] is meant collections of point, line or area objects, located in geographical space, attached to which are sets of (one or more) attribute are attached.

Segundo Haining (p.45) *op. cit.*, a análise espacial é sumarizada em três tópicos principais:

a) the careful and accurate description of events in geographic space [...] **b)** systematic exploration of the pattern of events and the association between events in space in order to gain a better understanding of the process that might be responsible for the observed distribution of events; **c)** improving the ability to predict and control events occurring in a geographical space.

Christofolletti (1999, p. 29) chama a atenção para a diferenciação entre análise espacial e análise estatística dos dados. Na primeira, as distâncias entre os locais e os eventos sempre são fator relevante para determinar as interações entre eles (sendo as ocorrências espaciais não independentes). Já a segunda refere-se à independência entre os dados. A dependência espacial, explica o autor, refere-se à relação entre os dados georreferenciados. Quanto menor o tamanho das unidades espaciais, maior se torna a probabilidade de que as unidades espaciais mais próximas sejam espacialmente dependentes. O autor mostra os componentes de uma análise espacial, tais como análise estatística e modelagem espacial. A abordagem estatística, na visão de Christofolletti (1999, p. 30),

propicia estrutura e metodologia mais adequada e especializada para o tratamento de ampla gama de ocorrências

e modelos sobre os padrões e processos espaciais. A modelagem espacial direciona-se para a estruturação, funcionamento e dinâmica dos sistemas [...] referenciados como modelos sobre processos determinísticos e estocásticos e modelos de planejamento, nas disciplinas ambientais e de modelos de localização, modelos de interação espacial, modelos de escolha espacial e de economia regional, nas ciências sociais.

Assim, a análise espacial nada mais é do que a verificação de relações existentes entre dois ou mais tipos de objetos entre eles mesmos ou entre eles e um conjunto de dados. No passado, isto era feito com base nos sistemas de análise estatística, que também poderia ser feita para dados não espaciais; hoje ela é produzida nos SIGs, dando poder de prever e diagnosticar. Dessa forma, a análise espacial, entre outros objetivos e no nível mais elementar, estuda as distribuições e as relações das diversas atividades no espaço, podendo ser realizada e representada, entre outras formas, por métodos e técnicas da cartografia Digital e dos SIGs (CASTRO, 2000). Se essa estrutura de dados for trabalhada somente como *raster* e vetorial, será sempre simplista e comercial, mas por outro lado, se a modelagem da realidade é entendida e analisada como objetos e campos, como se descreveu anteriormente, ela será uma análise complexa e científica, digna de um cientista da análise espacial. (FERREIRA, 2000b)

Baseado em questões eminentemente cartográficas e de álgebra de mapas, Tomlin (1990, p. 64) definiu três tipos de escalas de análises em SIG: 1) a Análise locacional individual, dividida em simples e múltipla; 2) a Análise locacional em vizinhança, dividida em imediata e extensiva e 3) a Análise locacional em zonas, dividida em inteiras e parciais.

1. Análise locacional individual:

a) Análise locacional individual por valores simples: calcula novos valores para um *pixel*, em função de um valor específico desse *pixel* em outro *layer*. É feita com os operadores algébricos (máximo, mínimo, soma, subtração, produto, seno, co-seno, tangente) através da reclassificação e recodificação, como o **mapa hipsométrico**.

b) Análise locacional individual por valores múltiplos: calcula novos valores para um *pixel* como função de valores deste mesmo *pixel* em dois ou mais *layers*, através de operadores algébricos (máximo, mínimo, soma, subtração, produto, seno, cosseno, tangente), composição e **overlays**.

2. Análise locacional em vizinhança

a) Análise locacional em vizinhança imediata: calcula novos valores para um *pixel* em função de um conjunto de *pixels* imediatamente adjacentes, delimitados segundo uma janela (8x8 *pixels*), através da média, percentual, mínimo, máximo, soma. Exemplos: **declividade, orientação de vertentes**, fluxo de escoamento superficial.

b) Análise locacional em vizinhança extensiva: calcula novos valores para um *pixel*, em função de um conjunto de *pixels* generalizados, baseando-se na distância definida em relação a um alvo ou foco. É realizado por meio de *buffers*, geocentros, espalhamento, insularidade, **modelos digitais de terreno**, visibilidade, limites de bacias hidrográficas.

3. Análise locacional em zonas

a) Análise locacional em zonas inteiras: calcula, para cada *pixel*, um novo valor que sintetiza um conjunto de valores disponível em *pixels* situado dentro da mesma zona em outro *layer*. Baseia-se em operadores aritméticos e operações de consulta espacial (*Query*).

b) Análise locacional em zonas parciais: compara o valor existente em cada *pixel* situado em uma zona a *pixels* existentes em uma zona similar situada em outro *layer*. A operação consiste em comparar os dois *layers* para se determinar quais *pixels* de um *layer* situam-se dentro da zona de outro *layer*; são evidenciados por operações booleanas, coincidência espacial, percentual de co-ocorrência, ranking, matriz de confusão, **tabulação cruzada**.

Os resultados apresentados em destaque em cada tipo de escala de análise relacionam-se às que foram aplicadas na pesquisa no Vale do Jequitinhonha.

As escalas de análises estão, geralmente, ligadas a duas categorias: álgebra de mapas e modelos matemáticos, que (QUADRO 07) possibilitam a resposta a questões sobre a localização (onde está...?); condição (o que há em ...?); tendência (o que tem mudado...?); rotas (qual o melhor caminho...?); padrão (qual o padrão...?) e modelagem (o que acontece se...?).

QUADRO 7 – EXEMPLOS DE ANÁLISES ESPACIAIS

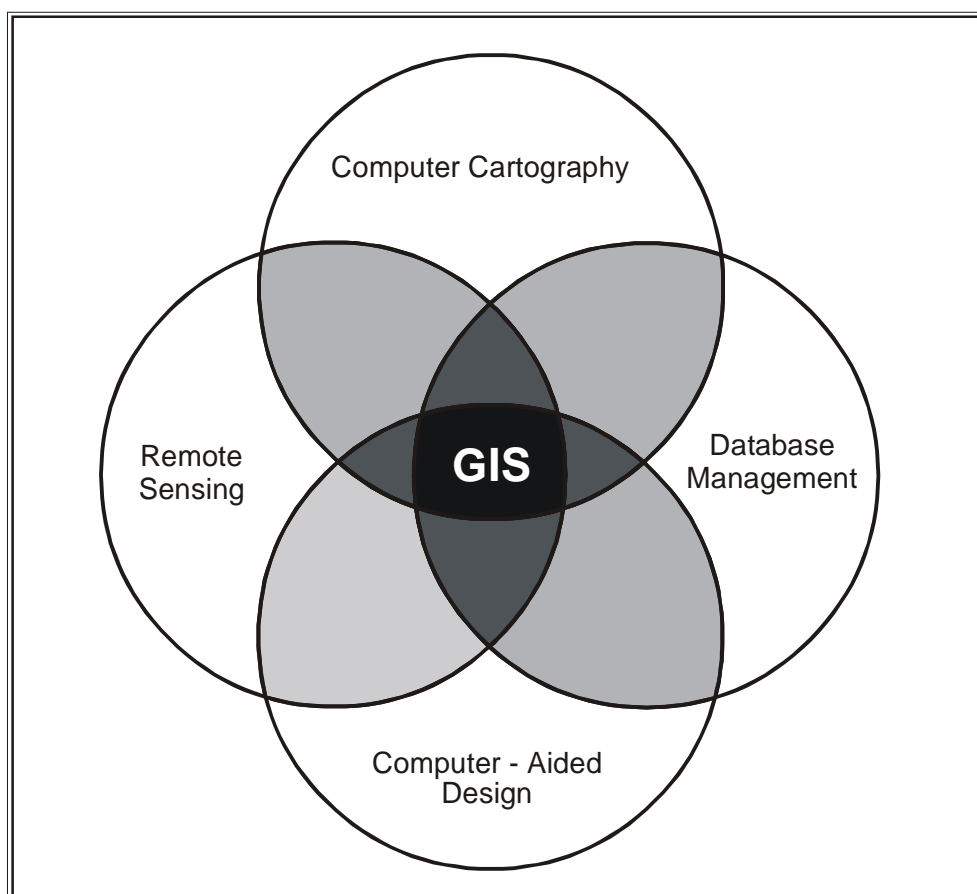
ANÁLISE	PERGUNTA GERAL	EXEMPLO
Condição	“O que está...?”	“Qual a população da cidade?”
Localização	“Onde está...?”	“Quais as áreas com declividade acima de 20 %?”
Tendência	“O que mudou...?”	“Esta terra era produtiva há 5 anos atrás?”
Roteamento	“Por onde ir...?”	“Qual o melhor caminho para o metrô?”
Padrões	“Qual o padrão...?”	“Qual a distribuição da dengue em Fortaleza?”
Modelos	“O que acontece se...?”	“Qual o impacto no clima se desmatarmos a Amazônia?”

Fonte: CÂMARA; MEDEIROS (1998a)

De forma sucinta, listaram-se as principais etapas necessárias para abordar um problema geográfico em ambiente SIG. É necessário que os dados sejam de natureza geográfica, possam ser localizados espacialmente, ser estruturados nos formatos *vetor/raster* e ser dispostos na forma de *layers*. Assim, pode-se, diante de um problema geográfico, fazer uma análise espacial.

É importante entender que a entidade de interesse é descrita como geo-campo ou geo-objeto, e as operações e funções que se utilizarão para solucionar o problema da área dependerão do objetivo da pesquisa, entender, também, que o SIG é a união, como enfatiza Maguirre (1991, p.13), de quatro sistemas fundamentais, que são “*Computer aided design, computer Cartography, database management and remote sensing information system*” (FIGURA 22).

FIGURA 22 – OS COMPONENTES DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA



Fonte: MAGUIRRE (1991)

A união dos quatro componentes principais no SIG oferece aos geógrafos importante recurso de análise e apresentação dos fatos abordados pelos analistas dos fenômenos espaciais. Cada componente tem sua importância fundamental dentro desse sistema. O **sensoriamento remoto** trouxe inovações antes não vislumbradas pelos analistas espaciais. Nele, imprescindível é a questão tempo x espaço, importantíssima para avaliações de monitoramento. Antes dessa forma de aquisição, tanto a obtenção quanto a renovação do banco de dados era demorada; atualmente, esse problema é rapidamente resolvido. Em relação ao **banco de dados** acoplado ao SIG, a possibilidade de se trabalhar com grandes quantidades de dados geográficos e atributos a eles relacionados facilitou as pesquisas, principalmente de âmbito regional. Somado a isso tudo, a **cartografia digital** tornou-se mais dinâmica, tornou os mapas graficamente mais perfeitos, valorizando os produtos finais do trabalho geográfico.

A agregação dos quatro componentes, resultou em um dinamismo, praticidade e atualização dos dados na análise, espaço e tempo, principalmente em Geografia. Percebe-se que a razão principal da relação interdisciplinar entre a geografia, a cartografia e o geoprocessamento é o espaço geográfico. Portanto, ao se utilizarem aparatos técnicos para tratar os processos que ocorrem no espaço geográfico, reforça-se a inter-relação dessas disciplinas e a necessidade cada vez mais da interdisciplinaridade.

Nesse sentido, Goodchild (1992, p. 44) afirma que “*Geographical Information Systems are a tool for Geographical Information Science*”. Maguirre (1991, p. 14) aponta que o SIG, devido às funções de análise e modelagem espacial, pode ser mais uma ciência da Informação Espacial que uma tecnologia.

Câmara (2000, s.p) aborda a representação computacional no espaço como Ciência da Geoinformação, que deve buscar aparato teórico na geografia, principalmente na concepção do espaço geográfico. Segundo Alquist (2000), o SIG é um dos campos que mais avançam na Geografia, oferecendo um potencial de novos métodos e práticas de pesquisa. A aplicação do SIG na geografia parece seguir a lógica da tecnologia e as premissas do positivismo racional, chamado pelo autor de “*technology-oriented-positivism*” (tecnopositivismo). Essa fase do positivismo baseia-se, segundo o autor, na tríade: **formação do conhecimento**, baseado na lógica epistemológica, **lógica da indagação científica** e **lógica da criação do conhecimento**, em que a criação do conhecimento científico é condicionada pelo desenvolvimento da tecnologia.

No entanto, existem os que ainda discutem a relação SIG *versus* Geografia *versus* técnica desnecessárias para os geógrafos. Sobre o debate hoje realizado entre os que utilizam a tecnologia SIG e os que criticam os mesmos, Alquist (2000, p. 106) os denomina de “*GIS - Community and GIS - Critics*” e “*in the wider context the debate between the GIS – community and GIS - critics is parallel to the traditional debate about the connections and contradictions between human geography and*

physical geography”. O debate é antigo e deverá sempre existir como as críticas às grandes correntes da geografia.

O imprescindível não é somente mudar os conceitos ou títulos e sim transformar a maneira de fazer e de pesquisar em SIG, principalmente entendendo os conceitos envolvidos e a teoria na prática do trabalho. Não basta apenas apertar botões e sim entender os processos a eles inerentes.

3. A PESQUISA E OS RESULTADOS

3.1. MATERIAL

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados documentos cartográficos, equipamentos, imagens de satélites, *softwares* computacionais do Programa de Pós Graduação em Geografia e do Laboratório de Geoinformática do Departamento de Planejamento - DEPLAN (IGCE-UNESP) e do CEAPLA (Centro de Análise e Planejamento Ambiental) e dados sócio-econômicos e físicos:

- **Cartas Topográficas** – 13 Folhas: Araçuaí, Carbonita, Capelinha, Grão Mogol, Genipapo, Itacambira, Itaobim, São Sebastião do Maranhão, Malacacheta, Minas Novas, Rio Vermelho, Teófilo Otoni, Novo Cruzeiro – Escala 1:100.000 – IBGE, 1970, 1980.
- **Levantamento Pedológico** – Escala: 1:1.000.000, GEOMINAS - Emater/MG, 2001.
- **Bacia do Araçuaí - Imagem TM/LANDSAT-5**, formato GEOTIF, bandas 3, 4 e 5, referentes à órbita e ponto WRS 217/72, passagem de 27/06/2000 e WRS 218/72 passagem de 20/05/2001. Brasil MCT/INPE.
- **Microcomputador** para organização e arquivamento de dados numéricos.
- **Softwares** IDRISI for Windows, SPRING, MFWorks, AutoCAD R-14, Corel Draw 9, SURFER 6.0,. PAINT, EXCEL.
- **Scaner de Rolo.**
- **Dados dos censos agropecuários, demográficos, fotos da área.**
- **Malha municipal digital do Brasil de 1997 (IBGE).**

3.2. METODOLOGIA

O estudo foi dividido em quatro partes:

3.2.1 Criação da base de dados digitais, digitalização, georreferenciamento e correção geométrica das imagens de satélite.

3.2.2 Aplicação da USLE para a bacia do Araçuaí para obtenção do PNE.

3.2.3 Caracterização e análise das variáveis sócio-econômicas e físicas do Vale do Jequitinhonha, por meio de cartogramas, tabelas e textos.

3.2.4 Produção do Atlas Digital, que apresenta os resultados, agregando mapas, tabelas, fotos e textos.

3.2.1. CRIAÇÃO DA BASE DE DADOS DIGITAL

A preparação da base de dados para o posterior tratamento em SIG requer cuidados pois, as fases iniciais de coleta e, principalmente, digitalização da base topográfica são fundamentais para o processo de georreferenciamento, que resultará no Modelo Numérico de Terreno.

Quando se estuda a característica física do relevo, no contexto dos estudos ambientais, uma das técnicas de análise espacial em geoprocessamento que podem ser utilizadas é a do Modelo Numérico do Terreno (MNT)⁵⁰. *“Esses modelos procuram representar o relevo em uma estrutura matemática que permita a visualização bi ou tridimensional, bem como a extração de informações”* (MORETTI *et al.*, 1991, p. 141). Adotou-se neste trabalho o termo MNT, pois, de acordo com

⁵⁰ Sobre a temática, MDT's, são importantes as contribuições dos autores: MORETTI *et al.* (1989; 1991); RUSSO (1994); CASTRO (1995); OKSANEN *et al.* (1999) e SIMÃO *et al.* (1999).

Valeriano (1999, p.14), a expressão MNT pode ser empregada para qualquer atributo numérico com variação contínua no espaço geográfico, “[...] como MNT de precipitação, MNT de declividade, MNT de temperatura, por exemplo”.

Modelos, segundo Crhistofoletti (1999, p. 8), significam “qualquer representação simplificada da realidade ou de um aspecto do mundo real [...], que possibilita reconstruir a realidade, prever um comportamento, uma transformação ou uma evolução”.

As representações digitais podem ser “perfis do terreno, sombreamento sintético, modelos tridimensionais (3D), mapas hipsométricos, mapas de declividade, mapas de orientação de vertentes e outros” (CASTRO, 1995, p.119). Sobre os MNTs podem ser acrescentadas informações sobre o uso do solo, rios, ruas, lagos, etc, aproximando o modelo da realidade.

Esses Modelos são obtidos por meio da utilização de operações matemáticas como as equações analíticas (modelos de aproximação) e a rede de pontos (de interpolação), como a Krigagem, que é uma das mais utilizadas (INPE, 2001c).

Após a digitalização das curvas de nível é feito o georreferenciamento, e a conversão dos vetores (curvas) de DXF para arquivo ASCII, (para linha, coluna, pares de coordenadas e valores de Z - altimetria).Em seguida realiza-se a rasterização e gera-se o MNT, que representa a variação quantitativa de uma variável (z) no espaço (x,y).

A representação do relevo em meio digital por meio de SIG, além de permitir a visualização da área trabalhada, revela, em arquivos tabulares, valores numéricos passíveis de cálculos para mensuração de eventos na área, como o caso das equações da USLE que constituem numa técnica de análise de bacias hidrográficas.

No caso deste estudo, foi selecionada a área que compreende a Bacia do rio Araçuaí, a qual abrange 13 cartas de 1:100 000, total de 16.272 Km². As

coordenadas geográficas da área são paralelos 16°46'00" e 18°15'00" de latitude sul e meridianos 41°40'00" e 43°30'00" longitude oeste. A delimitação da bacia do Rio Araçuaí pelos divisores de águas ultrapassou os limites da região administrativa definida pelo IGA (Instituto de Geociências Aplicadas), adotada neste trabalho. Assim, na delimitação da bacia para este trabalho, somaram-se parte de dois municípios que não pertencem à Região de Planejamento VII: Rio Vermelho e Setubinha.

Existem diversos eixos teórico-metodológicos para se desenvolver uma análise ambiental em bacias hidrográficas. Neste trabalho optou-se pela abordagem sistêmica, utilizando-se da caracterização do meio ambiente físico e da aplicação dos parâmetros morfométricos do relevo e da USLE. Mediante essa metodologia, pôde-se produzir mapas temáticos relacionados a diversos temas, como, por exemplo, morfometria (Clinográfico ou declividade, hipsométrico, orientação de vertentes, relevo sombreado, MNT, Modelo 3D), e outros. Esses mapas gerados são um meio de organizar todos os temas encontrados em um ambiente; no entanto, não significa que são, em si só, produtos da análise ambiental. Uma análise consiste no entendimento dos fatores constituintes do sistema e sua função dentro desse ambiente.

As análises podem ser feitas separadamente, analisando mapa a mapa, como se fazia em pesquisas com base na cartografia convencional, ou por meio do cruzamento dos mapas digitais no Sistema de Informação Geográfica. A metodologia, que engloba variáveis ambientais agrupadas em um banco de dados georreferenciado e cruza esses dados, pode gerar um zoneamento ambiental ou uma caracterização da morfodinâmica da área, culminando em um gerenciamento. Os resultados dependerão do objetivo e da metodologia a ser aplicada a cada trabalho.

Os mapas morfométricos (Clinográfico ou de declividade, dissecação horizontal, dissecação vertical, hipsométrico, orientação de vertentes e relevo sombreado) foram amplamente utilizados em trabalhos geográficos, utilizando-se das técnicas da

cartografia convencional. Atualmente, com o uso do SIG, esses trabalhos tornaram-se menos demorados, podendo incorporar mais variáveis em um trabalho de cunho analítico, por exemplo, em uma bacia de escalas menores (1:100 000) ou com grande extensão areal. A importância de se produzirem mapas hipsométricos em forma digital é, essencialmente, a facilidade de se reclassificarem novos intervalos em qualquer equidistância entre as classes. Os mapas de declividades, como afirma SANCHEZ (1993, p.311), “... são de grande aplicabilidade nas pesquisas que envolvem questões ambientais” e, segundo DE BIASI (1970, p.12), “...interessantes em trabalhos de correlação com outros tipos de fenômenos geográficos diretamente ligados à topografia local”.

3.2.1.1. SENSORIAMENTO REMOTO: CLASSIFICAÇÃO E CORREÇÃO GEOMÉTRICA DE IMAGENS

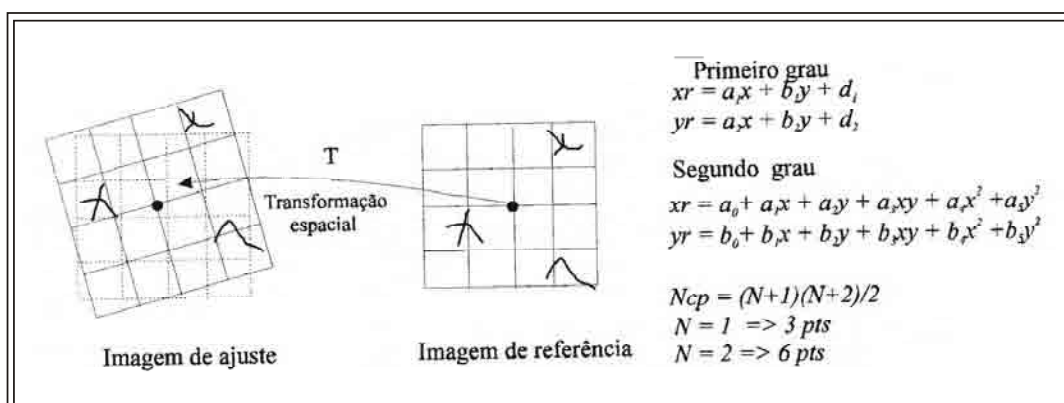
O sensoriamento remoto permite que se analisem mudanças na paisagem com o passar dos anos. Essa talvez seja a ferramenta mais importante em um SIG, fazendo com que os mapas estáticos (pois era difícil atualizá-los), passem a ser mais dinâmicos, na medida em que se pode analisá-los, tomando-se por base dados anuais, diários, etc. Esses dados, obtidos de forma indireta por sensoriamento, são representados no formato de *pixel*, com respectiva refletância ou radiação da banda correspondente em uma matriz de duas dimensões. Burrough (1986, p. 4), a respeito disso, explica:

the digital data are not in the familiar form of points, lines and areas representing already recognized and classified features of the earth's surface, but are coded in picture elements (pixel-cells) in a two dimension matrix that contain merely a number indicating the strength of reflected electromagnetic radiation in a given band.

Para serem obtidos os dados geográficos da imagem, é necessário que se faça uma classificação digital da imagem. No entanto, é imprescindível, georreferenciá-la por meio pontos de controle, aplicando-se uma transformação geométrica que relaciona coordenadas da imagem (linhas, colunas) com coordenadas geográficas ou UTM de

um mapa (FIGURA 23). Esse processo é feito para eliminar distorções e imprecisões existentes na aquisição da imagem. Outra função importante dessa aplicação é que, para os estudos temporais, é necessário que todas as bandas estejam georreferenciadas para se obterem informações delas no espaço analisado e também a integração sobre outros mapas.

FIGURA 23 – CORREÇÃO GEOMÉTRICA



Fonte: INPE (2001a)

Determinadas projeções cartográficas requerem um certo cuidado na construção e manutenção da base de dados. O caso mais típico é o problema das zonas ou fusos da projeção UTM. Cada zona UTM tem seu próprio sistema de coordenadas planas, de modo que mapas separados por uma borda de zona não se articulam em termos de coordenadas planas. Nestes casos críticos há dois procedimentos. Os mais conservadores podem dividir o projeto em dois ou mais projetos UTM, um para cada zona. Os resultados das análises em cada projeto podem ser remapeados para outra projeção cartográfica mais conveniente para elaboração do mapa final. Outra possibilidade é estender a principal zona UTM a toda a região do projeto. Isto requer cuidado cartográfico com respeito às deformações que podem ser introduzidas e exige do SIG as funcionalidades adequadas ao tratamento de extensões de zonas UTM (D'ÁLGE, 2001).

Com base em D'álge (2001) adotou-se neste trabalho a extensão da zona UTM na região da Bacia do rio Araçuaí. O georreferenciamento posterior das imagens no SIG é realizado via criação de arquivos de correspondência no SPRING. Foram tomados pontos em comum da imagem com as cartas topográficas IBGE (pontos lidos via *CadOverlay*), denominados pontos de controle, a fim de se realizar sua

correção geométrica. Antes de se realizar essa fase foi feito o georreferenciamento das cartas digitalizadas no AutoCad.

Foi aberto no *AutoCad* um arquivo com uma carta central das 13 digitalizadas. Essa carta escaneada estava com melhor qualidade e por isso serviu de base para que se obtivesse a menor distorção possível. No *AutoCad* usou-se o comando *Aligned* para selecionar os objetos vetoriais, como curvas de nível e rios. Depois de selecionados os objetos, selecionou-se um ponto na carta e digitou-se sua coordenada UTM, procedendo-se da mesma maneira para um segundo ponto, realizando o ajuste das informações das cartas para as coordenadas digitadas. Após esse processo foram checados os valores, em metros, da grade UTM, ou seja, medida a distância entre dois pontos nas coordenadas para verificação de sua exatidão.

O segundo comando usado foi o *RuberSheet* do *Auto CadMap*, utilizado quando ocorrem distorções nas cartas escaneadas usadas como base cartográfica. O comando funciona como o *Aligned*, no entanto, devem ser informados maior número de pontos de controle, como rios, cruzamento de vias, que fazem divisa com uma carta já georreferenciada, que permitiu a correção automática das distorções.

Neste trabalho foi utilizado o *RubberSheet* somente nas cartas obtidas por *scanner* e que tinham alguma distorção. Depois do georreferenciamento é realizada a fase de ligação de cada curva de nível e cada rio, entre as cartas, usando-se os comandos *join* e *endpoint* para os objetos vetoriais das treze cartas.

Para se georreferenciar as imagens no SPRING seguiu-se a seguinte rotina: Na imagem de 2000, 217/72, foram coletados 15 pontos de controle e para a imagem de 2001, 218/72, coletaram-se 17 pontos. Os pontos foram coletados principalmente ao longo do rio Jequitinhonha e Araçuaí, vias principais e seus cruzamentos e nas chapadas, em culturas de eucaliptos, já georreferenciados no *Autocad*. Segundo SILVA (1999) o número de pontos de controle para uma escala de 1:100 000 deve ser de 12, o que justifica o número de pontos coletados. A primeira tabela de pontos, referente à imagem 217/72, resultou em um erro médio quadrático (*Root Mean*

Square – RMS) de 0.592 pixels, ou 17.76 metros, e a segunda, 218/72, de 0.590 pixels, 17.7 metros.

O erro em unidades de resolução de pixel ou em metros é dependente de alguns fatores e da aplicação dentro do projeto. Por exemplo, em locais de difícil coleta de pontos de controle, como uma floresta, a tolerância do erro é maior do que em uma área urbana, onde há facilidade maior de amostragem de pontos de controle. Na literatura (D'ÁLGE, 2001), encontram-se várias formas para se verificar se o erro é compatível com a precisão desejada. Pode-se usar como parâmetro o erro em relação ao objeto pesquisado ou em relação à escala. Em relação ao objeto, quanto mais difícil de se encontrarem pontos de controle, maior pode ser o erro, não ultrapassando o estipulado. Por exemplo, na área urbana, pode-se ter um erro de mais ou menos 0.5 pixel para uma resolução de 30 metros. Na floresta admite-se erro de 3 pixels para uma resolução de 30 metros. No entanto, em trabalhos de cadastros em áreas rurais e em outros que exigem precisão, o erro trabalhado é de 20 cm, usando-se estações fixas de GPS.

Já em relação à escala, em um mapeamento de 1:50 000, o erro aceitável é a metade do valor da escala, isto é, 25 metros. Em pixels, se a resolução for de 10 metros, aceitam-se 2 pixels, ou seja, 20 metros. No caso deste trabalho, optou-se por usar o parâmetro em relação à resolução espacial, que é de 30 metros, ou seja, erro em metros de 17.76 e 17.70 para as duas imagens.

Em seguida, obteve-se um polígono envolvente para a imagem da Bacia do rio Araçuaí, cuja coordenada em UTM: X mínimo (663491.375); X máximo (847326); Y mínimo (7971971.5); Y máximo (8145324.5) com um total de 7435 colunas e 7400 linhas, resolução de 30 metros.

A qualidade do georreferenciamento foi analisada sobrepondo-se as curvas de nível e o *layer* de rios da base cartográfica às imagens georreferenciadas. Sendo que o resultado foi satisfatório, uma vez que houve um encaixe perfeito dos rios e curvas da carta com a imagem. Vale ressaltar que utilizaram-se cartas topográficas com

levantamentos de cobertura aérea muito antigos de 1976, 1978 e 1980 para imagens muito atualizadas do ano de 2000 e 2001. Dessas imagens foi obtida uma composição colorida das bandas 3, 4 e 5. (FIGURA 24)

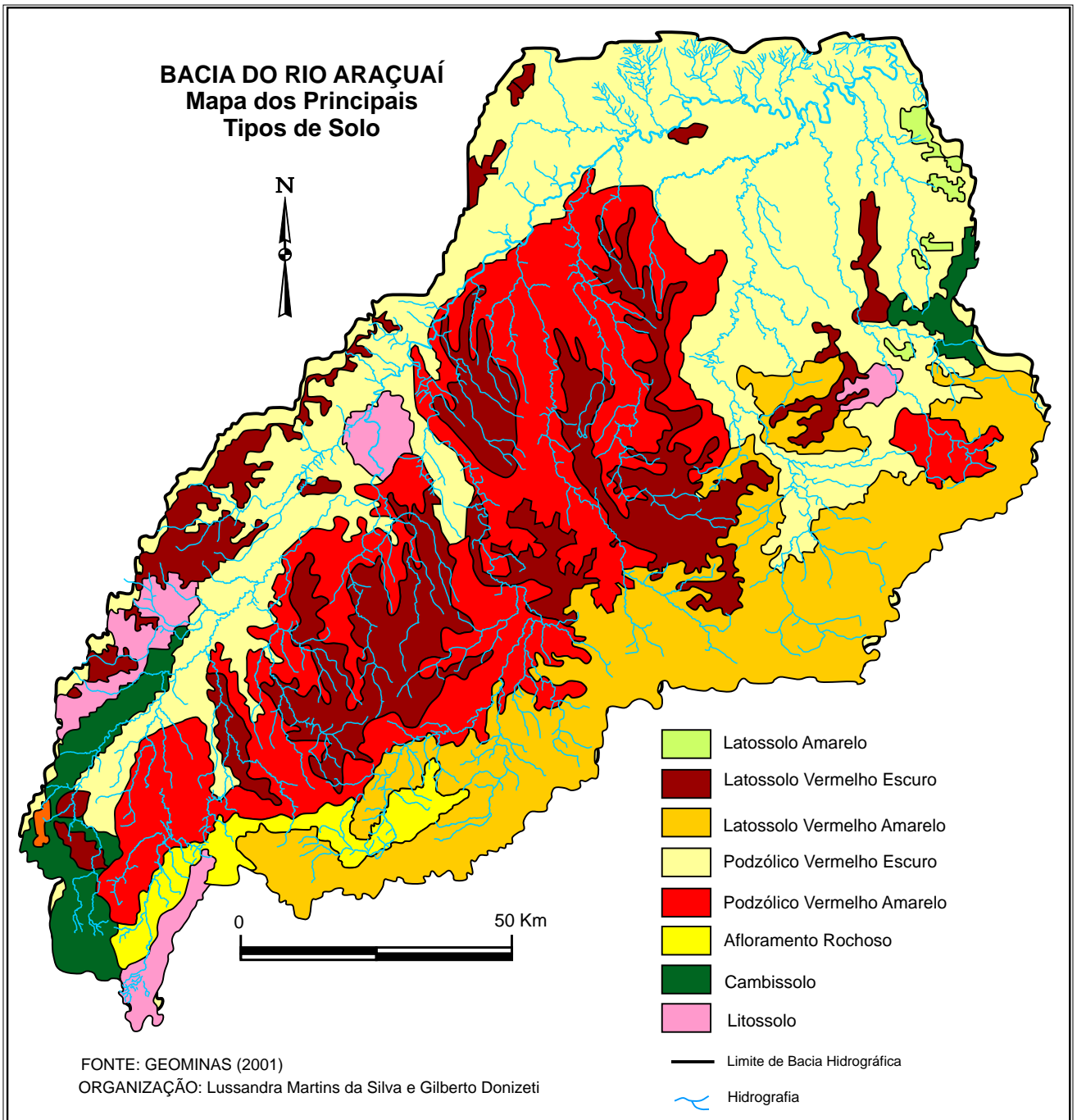


FIGURA 24 - Mapa dos Principais Tipos de Solo da Bacia do Rio Araçuaí

Para a classificação digital do uso do solo dessas imagens foram aplicadas duas técnicas diferentes: uma classificação por pixel e outra por região.

A classificação por pixel (figura 25a) mostrou resultados melhores que a por região para uso urbano. No entanto, a classificação por pixel, deixa de relacionar muitos pixels na bacia a um tipo de uso, ou seja, ficam sem valores associados. Essa técnica classifica vegetação e reflorestamento na mesma classe, devido à reflectância dos alvos. Já na figura 25b, referente à técnica por região, usando índices de limiar e de área 20-15, os reflorestamentos são classificados diferentemente de outras vegetações, no entanto, a área urbana, cor vermelha, é classificada juntamente com outros usos, como o de pastagem.

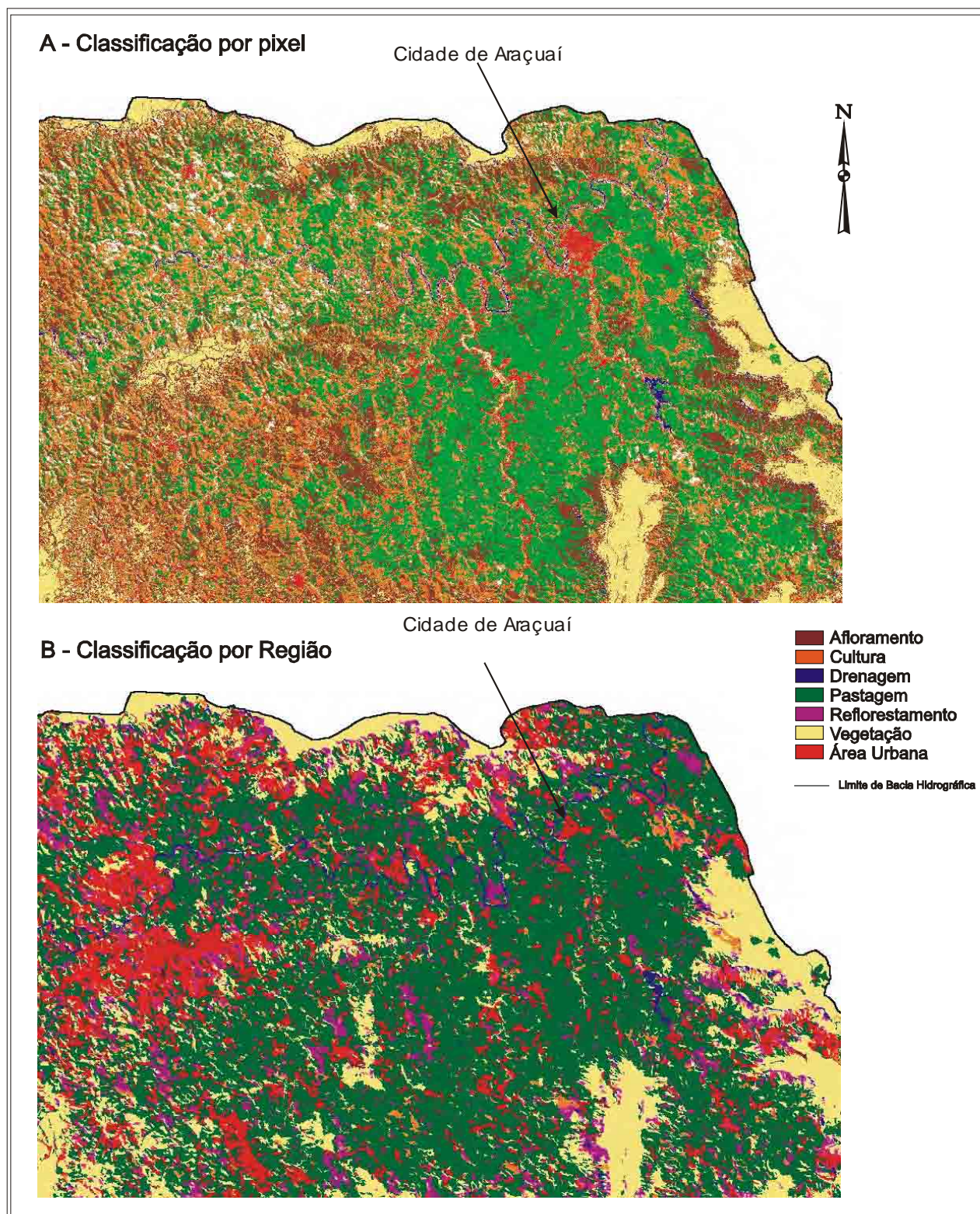


FIGURA 25 – EXEMPLOS DE RESULTADOS DOS MAPAS DE USO DO SOLO

Optou-se, então, por usar a técnica por região para classificar o uso do solo da área de pesquisa (FIGURA 26-27). De acordo com o objetivo do trabalho, usou-se a técnica da segmentação da imagem pelo método de crescimento de regiões, cujos índices de similaridade⁵¹ e de área⁵² são 10 e 15, respectivamente

A segmentação é o agrupamento de pixels com similaridade em termos tonais e texturais, formando regiões homogêneas, em que se incorporam informações como média, variância espectrais, que serão submetidas ao processo de classificação. Depois dessa etapa inicia-se a fase de extração de regiões de atributos estatísticos, na qual se agrupam os parâmetros necessários para a classificação como média, matriz de covariância e área. Nesta fase, por meio do cursor, são selecionadas amostras para captura de alvos nas imagens indicadas, assinalando os principais usos para que se possa fazer a classificação. No processo de classificação supervisionada foi utilizado o algoritmo classificador BATTACHARYA com limiar de aceitação de 99%. Assim, foi preparado o mapa de uso da terra classificado, associando-se as cores primárias delegadas para cada uso analisado às bandas espectrais Venturieri; Santos (1998); Watrin *et al.* (2000); Venturieri (1996), INPE (2001b).

⁵¹ A similaridade é o valor mínimo da proximidade radiométrica entre duas regiões, onde agrupam-se pixels com características similares em regiões contínuas, formadas pela junção adequada de pixels vizinhos.

⁵² O limiar de área é o tamanho mínimo de cada região em pixel, para que haja sua individualização.

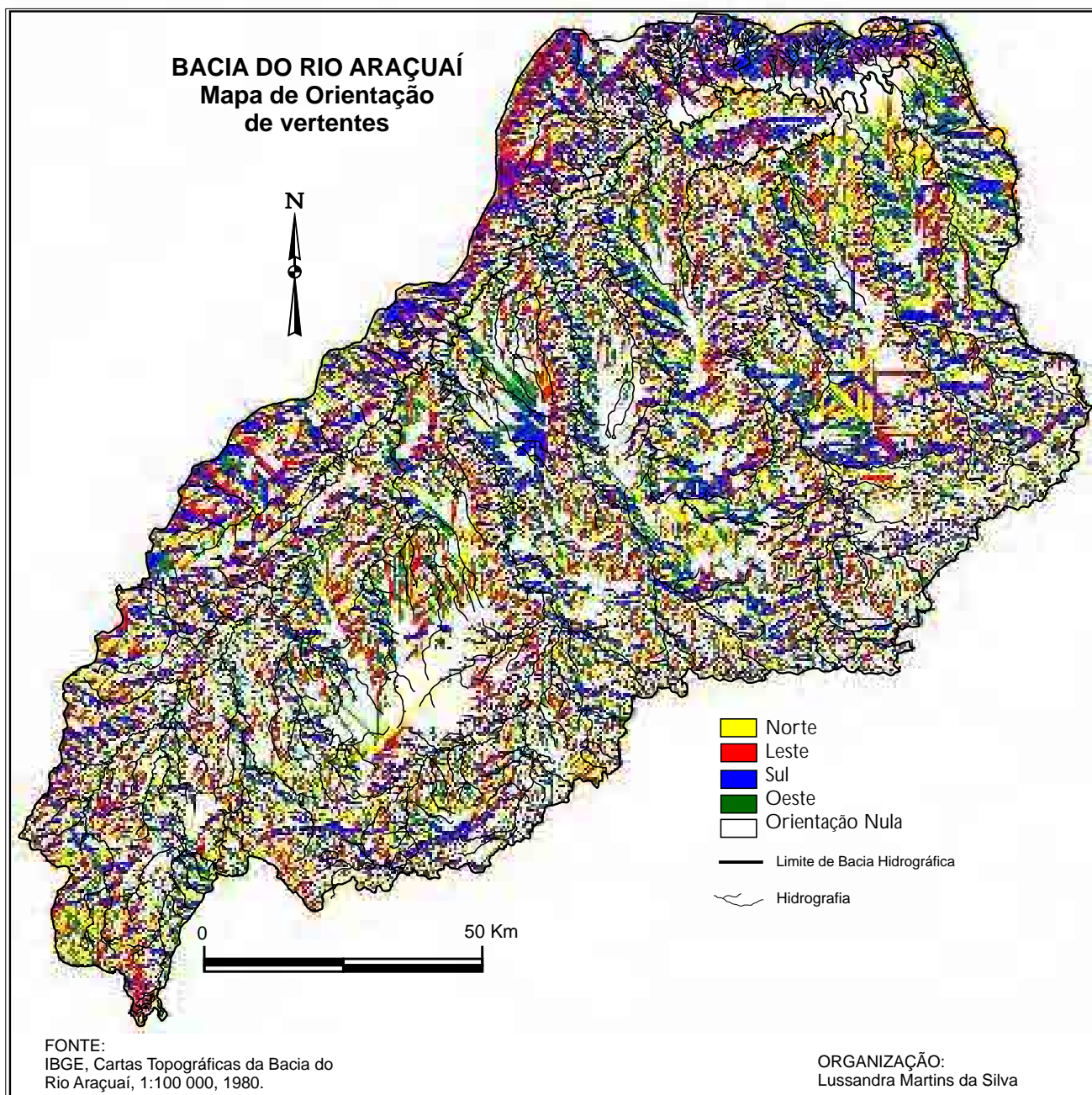


FIGURA 26 - Mapa de Orientação de Vertentes em 5 Classes da Bacia do Rio Araçuaí

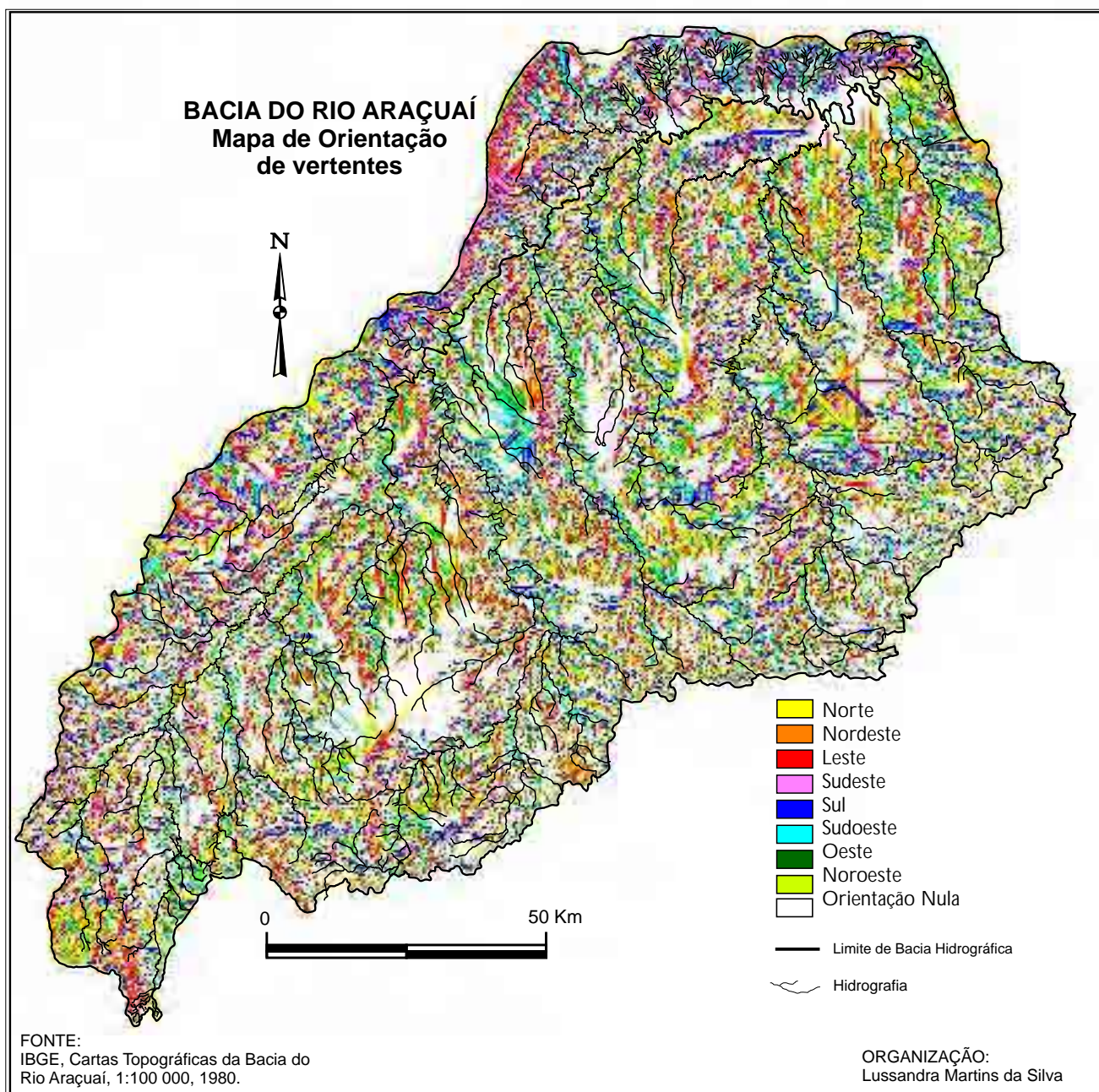


FIGURA 27 - Mapa de Orientação de Vertentes em 9 Classes da Bacia do Rio Araçuaí

Assim, os dados referentes ao uso da terra foram obtidos pela interpretação automática das imagens LANDSAT via SPRING, mapeando-se sete classes de uso. (TABELA 1)

TABELA 1 – CLASSES DE USO DO SOLO

CLASSES	USO DA TERRA ARAÇUAÍ
1	Vegetação
2	Culturas
3	Pastagem
4	Reflorestamento
5	Área urbana
6	Afloramento
7	Drenagem

3.2.2. O MODELO USLE

Coerente com o entendimento teórico adotado -Teoria dos Sistemas - e com amparo nos trabalhos de Chorley (1962) e Chorley e Kennedy (1971), pioneiros na aplicação de modelos em geografia, e considerando, ainda, as palavras de Christofolletti (1999, p. 33), “os modelos estão se tornando cada vez mais importantes como procedimentos técnicos nas análises das mais diversas disciplinas”, adotou-se a Equação a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS ou USLE, em inglês) como um modelo quantitativo que se aplica utilizando-se o geoprocessamento à obtenção, interpretação, aplicação e análise dos dados de sensoriamento remoto e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

3.2.2.1. INTEGRAÇÃO DOS DADOS DOS FATORES DA USLE

Nesta pesquisa, os procedimentos incluíram aplicação de técnicas de geoprocessamento, demonstrados no QUADRO 08. A metodologia se estrutura em

três eixos principais: levantamento de dados do meio físico, obtenção dos dados de uso da terra por sensoriamento remoto e integração dos dados por meio de SIG's, buscando uma análise integrada da paisagem.

A seguir é apresentada a seqüência da abordagem metodológica referente a cada termo da EUPS (Equação Universal de Perda de Solos) ou USLE (*Universal Soil Loss Equation*).

A etapa de elaboração dos mapas, que possibilitou a interpretação e integração dos fatores da USLE (WISHMEIER; SMITH, 1978), foi obtida pela aplicação da fórmula a seguir:

$$\text{PNE} = \text{R.K.LS}^{53}$$

PNE = perda de solo (Potencial Natural de Erosão) (t.ha.ano)

R = erosividade (poder erosivo das chuvas) (Mj.mm/ha.h.ano)

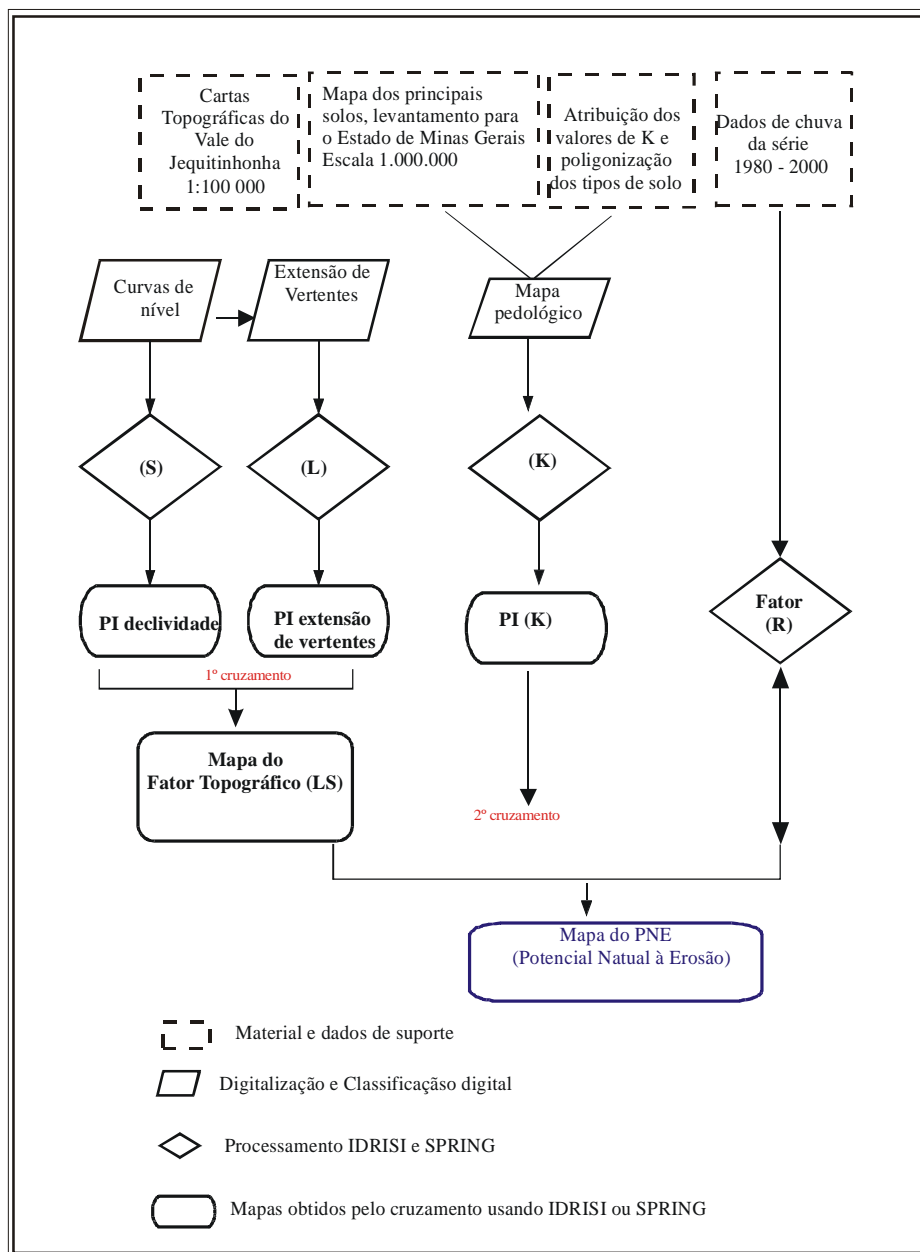
K = erodibilidade do solo (susceptibilidade dos solos à erosão) (t.h./Mj.mm)

LS = fator topográfico – declividade e comprimento da vertente (adimensional)

Neste trabalho, a integração das as informações foi obtida por cruzamentos de dados, que permitiram a geração do mapa, do Potencial Natural de Erosão – **PNE**, em classes, o qual é resultado da integração dos fatores naturais: erosividade (R), erodibilidade (K) e fator topográfico (LS).

⁵³ Vide no anexo 2 sintaxe para obtenção do PNE no Software SPRING

QUADRO 8 – FLUXOGRAMA DAS ETAPAS METODOLÓGICAS DA USLE

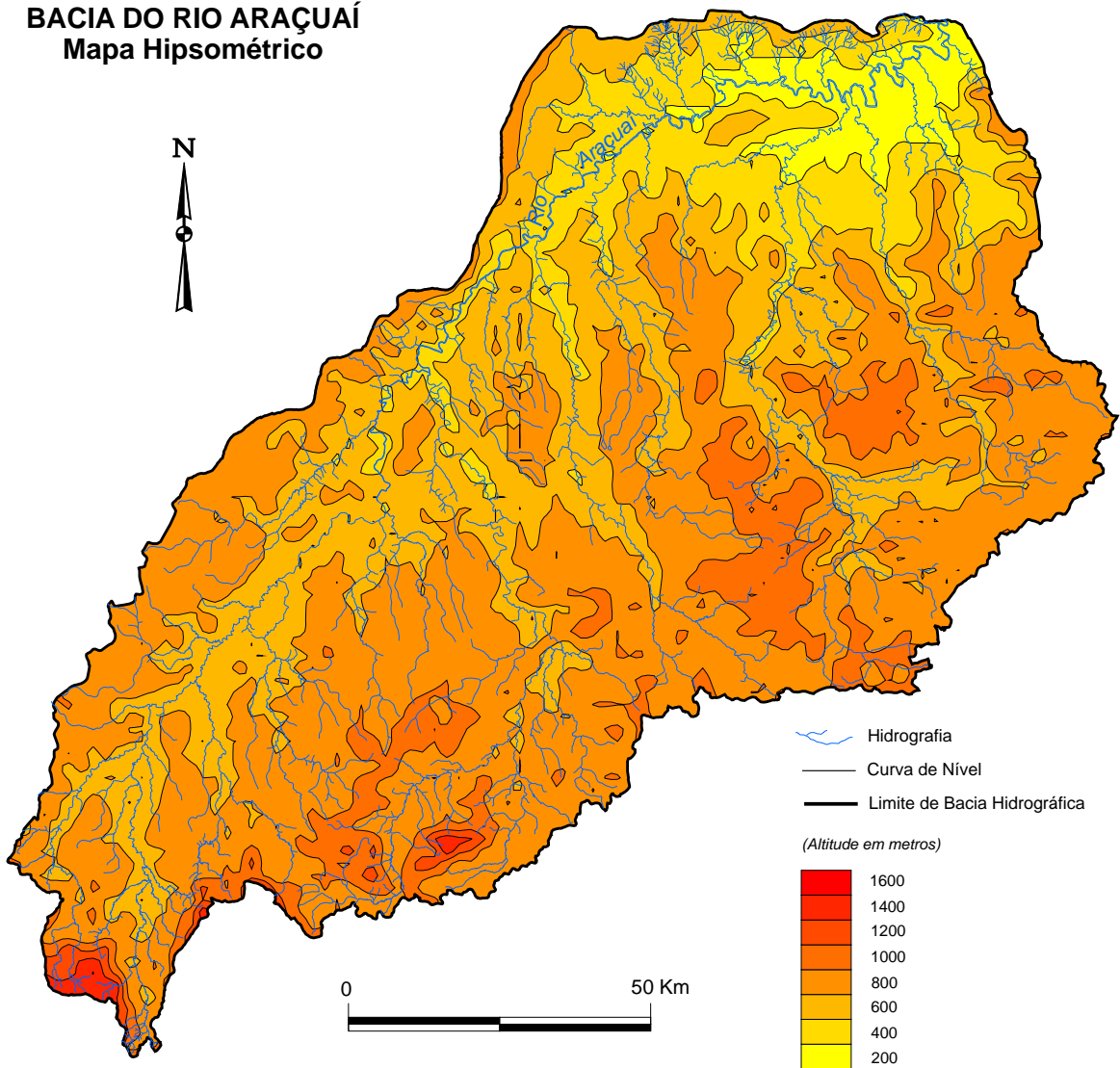


Organização: LUSSANDRA MARTINS DA SILVA (2001)

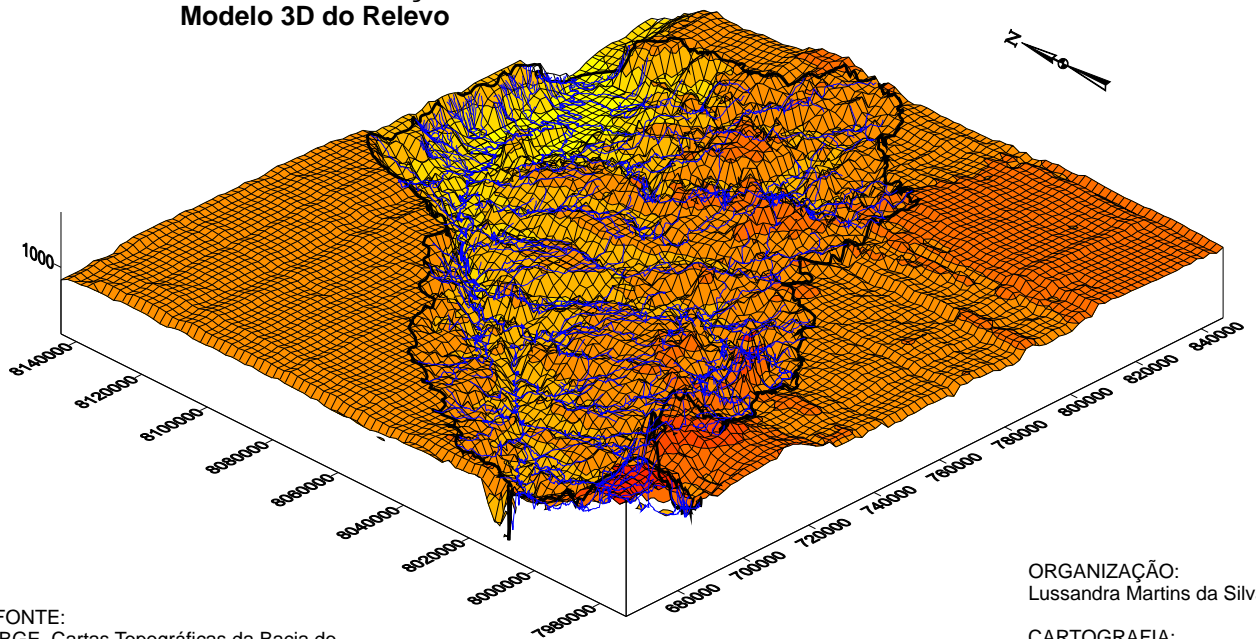
Para a aplicação da USLE, inicialmente, foram digitalizadas, via tela, usando o *Software CAD Overlay R-14*, as curvas de nível e rios das 13 Cartas Topográficas (figura 28). Os *softwares* usados para a geração e manipulação dos produtos

derivados das cartas e das imagens foram o IDRISI, SPRING e MFWorks, utilizando a estrutura “*Raster*” e também a vetorial. A partir dessa base foram extraídos mapas para derivação dos fatores componentes do PNE.

BACIA DO RIO ARAÇUAÍ Mapa Hipsométrico



BACIA DO RIO ARAÇUAÍ Modelo 3D do Relevo



FONTE:
IBGE, Cartas Topográficas da Bacia do
Rio Araçuaí, 1:100 000, 1980.

ORGANIZAÇÃO:
Lussandra Martins da Silva
CARTOGRAFIA:
José Flávio Morais Castro

FIGURA 28 - MAPA HIPSOMÉTRICO E MODELO 3D DA BACIA DO RIO ARAÇUAÍ

3.2.2.2. FATOR TOPOGRÁFICO (LS)

Esse fator envolve o comprimento/extensão da vertente (L) e sua declividade (S) Wischmeir; Smith (1978), foi obtido pela aplicação de um programa de lote desenvolvido no contexto da modelagem de processos erosivos em microbacias, de acordo com Valeriano (1999).

Os valores de extensão de vertentes (aqui entendidos como uma distância entre dois pontos extremos, o primeiro referindo-se ao ponto mais elevado na vertente - alta vertente - e o segundo, ao limite da drenagem) e a declividade, compõem o fator topográfico (LS), assim constituído por duas variáveis do relevo que influenciam a ação exercida pela água pluvial: o comprimento das encostas e o declive.

O MNT-TIN (FIGURA 29) foi gerado no SIG *Idrisi* e a partir dele gerou-se o mapa de declividade ou clinográfico (S) (FIGURA 30), tomando-se por base as curvas de nível obtidas das cartas topográficas pelo *escaner*, digitalizadas em tela via imagens e correspondentes à área de estudo. Os intervalos das classes de declividade adotados para a área foram os seguintes: 0 - 2%; 2% a 5%; 5% a 10%; 10 a 20%; 20 a 45% e >45%.

O Valor LS pode ser obtido pela fórmula proposta por BERTONI; LOMBARDI NETO (1990), da qual se extraem os dados de representatividade em classes.

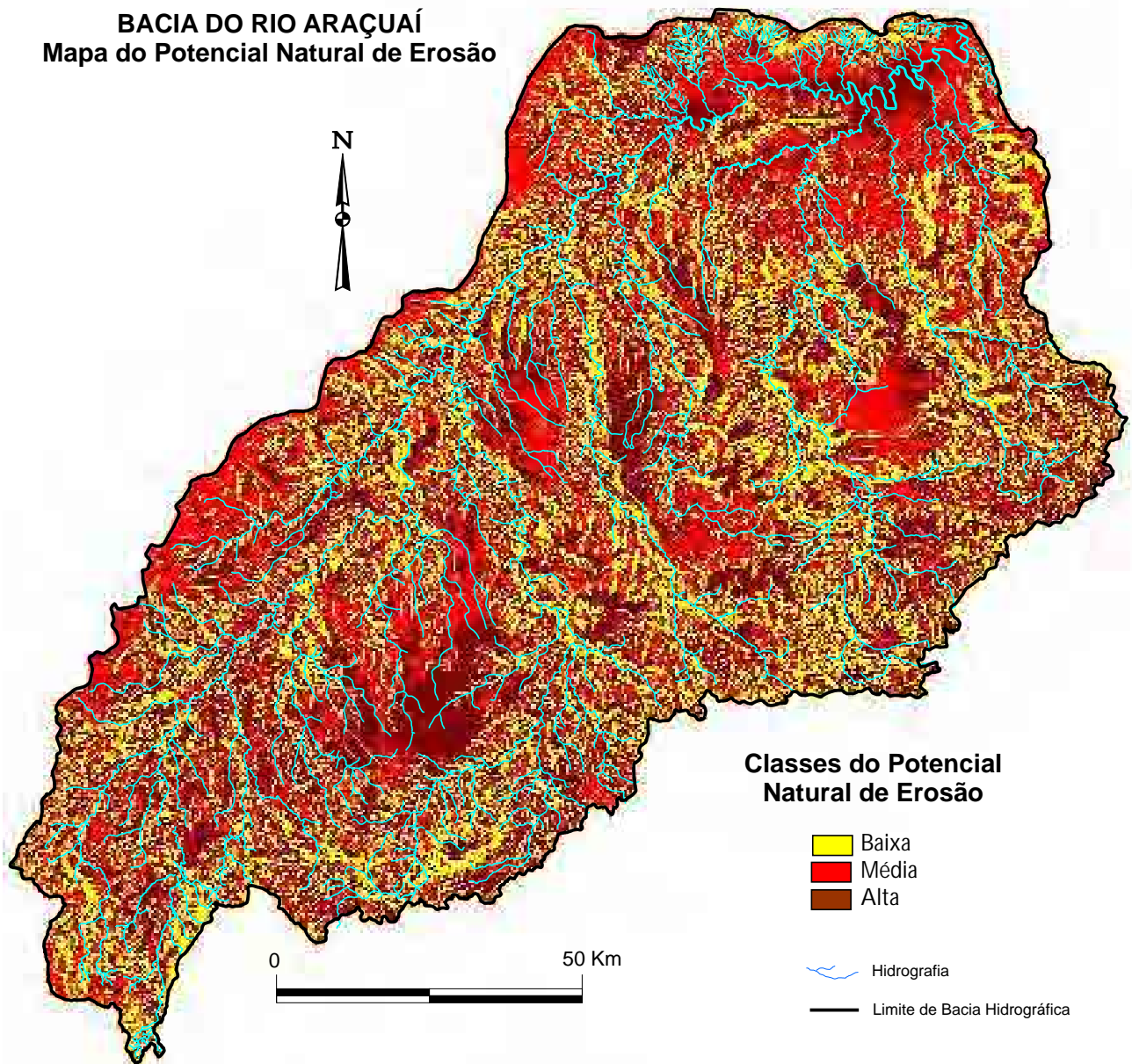
$$LS = 0,00984.L^{0,63}.S^{1,18}$$

L = comprimento da vertente, em metros

S = declividade, em porcentagem

Algumas experiências têm demonstrado que o aumento do comprimento das encostas age para acentuar a erosão dos solos. Nas encostas mais longas é maior o volume de água que escoar através de uma seção transversal da vertente e, evidentemente, sua capacidade de remover detritos. Por outro lado, quanto maior o percurso percorrido pela água sobre a superfície, maior possibilidade ela tem de se

BACIA DO RIO ARAÇUAÍ
Mapa do Potencial Natural de Erosão



FONTE: Imagens de Satélite, 2000 e 2001, Bandas 3,4 e 5. (INPE)

ORGANIZAÇÃO:
Lussandra Martins da Silva

Figura 29 - Mapa do Potencial Natural de Erosão da Bacia do Rio Araçuaí

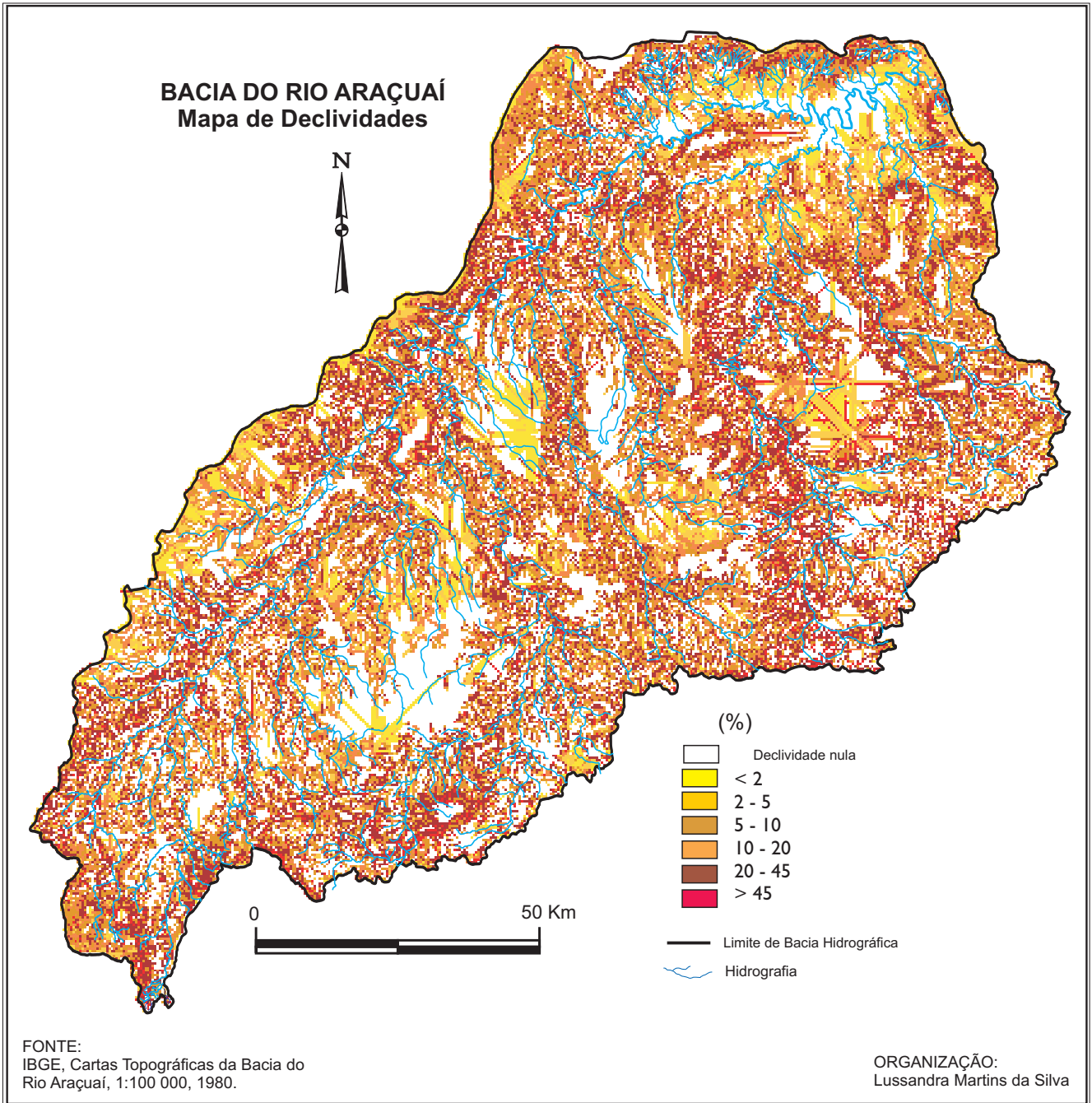


FIGURA 30 - Mapa de Declividades da Bacia do Rio Araçuaí

infiltrar ou evaporar. Deste modo, a porcentagem de água escoada em relação à precipitada decresce quando aumenta o comprimento da rampa. Para compreender a influência do comprimento da encosta na erosão, é preciso ter em conta essa diferença entre o volume absoluto escoado através de uma seção transversal e a porcentagem que ele significa em relação à água tombada.

3.2.2.3. FATOR ERODIBILIDADE (K)

Os valores estimados do fator K (Tabela 02) foram obtidos de estudos de Bertoni *et al.* (1975), sendo o seu significado, ou seja, erodibilidade do solo, diferente de erosão do solo. A intensidade de erosão de uma área qualquer pode ser influenciada mais pelo declive, características das chuvas, cobertura vegetal e manejo, do que pelas propriedades do solo. Contudo, alguns solos são mais facilmente erodidos que outros, mesmo quando o declive, a precipitação, a cobertura vegetal e as práticas de controle de erosão são as mesmas.

Essa diferença, em virtude das propriedades inerentes ao solo, é referida como erodibilidade do solo. Esse fator refere-se à suscetibilidade do solo à erosão, dependendo das características intrínsecas do solo (permeabilidade, estrutura, textura, porosidade e profundidade).

**TABELA 2 – TABELA DOS VALORES DE ERODIBILIDADE DOS SOLOS ENCONTRADOS
NA BACIA DO RIO ARAÇUAÍ**

UNIDADES DE MAPEAMENTO	VALORES ESTIMADOS DE K (T.HA.H/HA.MJ.MM)
Litossolo (Li)	0,033
Latossolo Vermelho Amarelo (Lv1)	0,013
Latossolo Amarelo (Lv)	0,013
Latossolo Vermelho escuro (Le)	0,017
Cambissolo (Ce)	0,322
Afloramento (Afl)	0,000
Podzólico Vermelho Escuro (Pv)	0,0311
Podzólico Vermelho Amarelo (Pv)	0,028

Fonte: BERTONI; LOMBARDI NETO (1990); BERTONI *et al.* (1975)

Para obtenção do Plano de Informação fator K, foi utilizado o mapa dos principais tipos solos (FIGURA 31) na escala 1:1000.000 para identificar as ocorrências dos diferentes tipos de solos das referidas áreas, assim como os valores por estimativas do fator K para esses solos baseados na tabela 02. Os tipos de solos, são na verdade, pela área de abrangência, associação de solos.

Para a obtenção do *Layer*, fator erodibilidade, associaram-se aos polígonos os valores de K via SPRING.

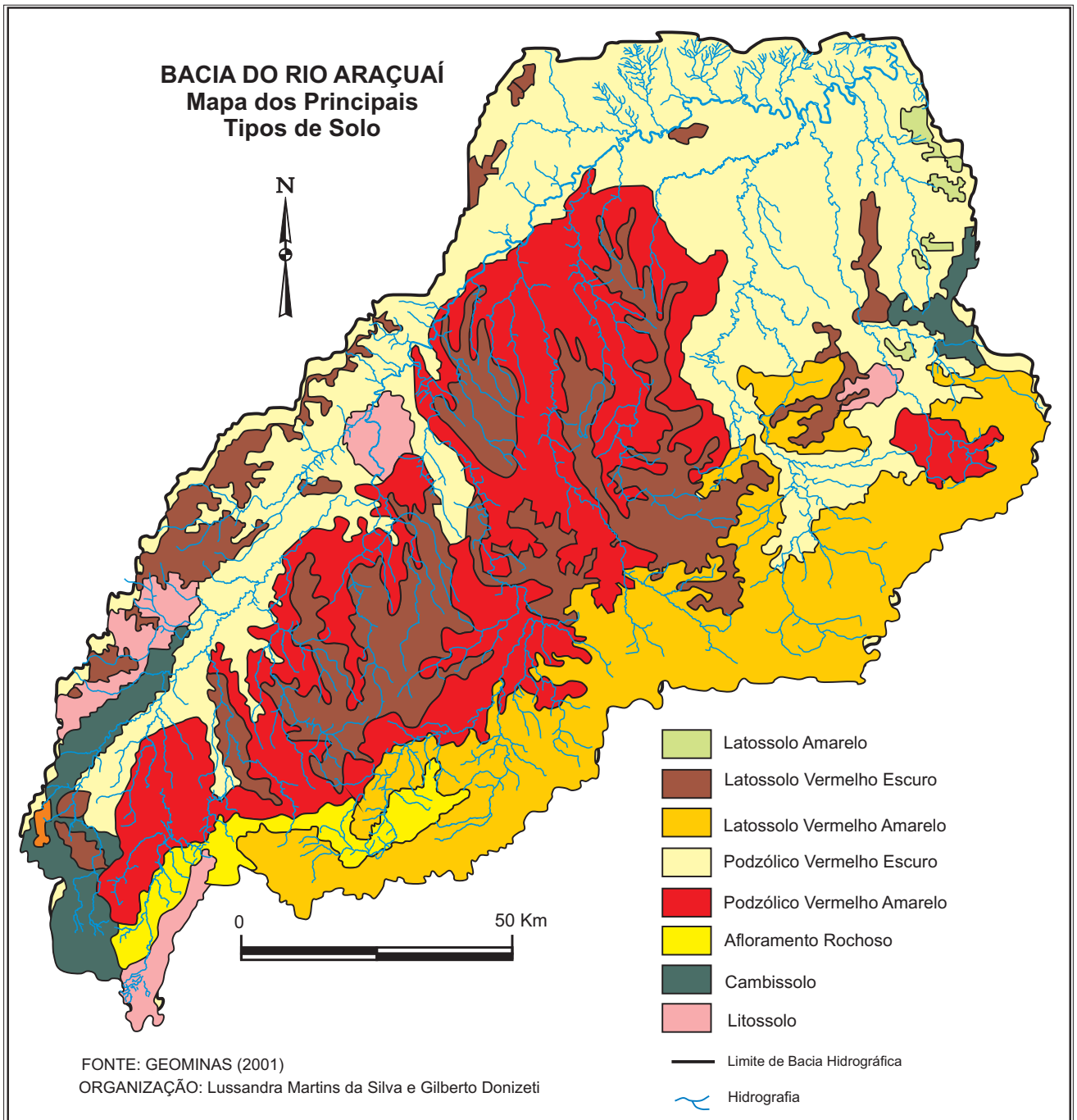


FIGURA 31 - Mapa dos Principais Tipos de Solo da Bacia do Rio Araçuaí

3.2.2.4. FATOR EROSIVIDADE (R)

O fator erosividade (R) é um índice numérico que expressa a capacidade da chuva, esperada em dada localidade, de causar erosão em uma área sem proteção (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

Extensivos estudos de dados de perdas de solo, associados com as características de chuva, mostraram que quando outros fatores, à exceção da chuva, são mantidos constantes, as perdas de solo ocasionadas pelas chuvas nos terrenos cultivados são diretamente proporcionais ao valor do produto de duas características de chuva: sua energia cinética total e sua intensidade máxima em trinta minutos.

A energia das gotas de chuva é decorrente do movimento; essa energia cinética é expressa em Megajoule/hectare/milímetro de chuva, e seus valores são dados pela equação:

$$EC = 0,119 + 0,0873 \log I$$

Ec = energia cinética em Megajoule.mm/ha.ano

I = intensidade da chuva em mm/h

Os valores de intensidade máxima em trinta minutos são calculados pelos diagramas de pluviógrafos. O índice de erosão EI_{30} é dado pelo produto:

$$EI_{30} = Ec \times I_{30}$$

EI_{30} = índice de erosão em MJ.mm/ha.hora

I_{30} = intensidade máxima em 30 minutos, em milímetros/hora.

A erosividade - **R** - da equação, para um dado local, nada mais é do que a média dos valores anuais de EI de um período longo de tempo (vinte anos ou mais)⁵⁴.

$$R = \{EI_{mês} = EI_1 + EI_2 + \dots + EI_{20}\}$$

⁵⁴ Para esse trabalho utilizaram-se 20 anos.

Segundo Lombardi Neto; Moldenhauer (1992), a expressão do potencial de erosão de uma chuva refere-se à perda de solo por unidade de área, que acontece com uma chuva caindo em área completamente desprovida de cobertura e resíduos vegetais, mas sofrendo os mesmos tipos de operações culturais do solo cultivado. Por essa definição conclui-se que o potencial de erosão de uma chuva é função do solo, do declive e das características da chuva.

A ação das chuvas é extremamente importante na erosão do solo e há uma tendência para o aumento das perdas de terra com o crescimento das quantidades anuais de precipitação, principalmente quando se lida com dados de longos períodos. Como a erosão está associada não só ao total de água tombada, mas também à intensidade da precipitação e à umidade do terreno, pode-se inferir que nos anos de maior pluviosidade aumentam as chances de ocorrência de chuvas intensas e de encharcamento do solo, que, assim, é mais facilmente carregado.

O fator R da bacia do Araçuaí foi obtido por dados de precipitação registrados por pluviômetros e não por pluviógrafos. Por esse motivo utilizou-se a equação adaptada, proposta por Lombardi Neto; Moldenhauer (1992) e Bertoni; Lombardi Neto (1990):

$$EI = 67,355 (R^2/P)^{0,85}$$

EI: média mensal do índice de erosão, MJ.mm/ha.h.ano;

R: precipitação média mensal (mm);

P: total da precipitação média anual para a série de dados(mm).

Para a região selecionada, foram utilizados os dados de precipitações médias mensais e anuais do posto pluviométrico de Araçuaí, num período de 20 anos, de 1981 a 2000, os quais foram adicionados à equação, obtendo-se o valor: **4560,73 mj.mm/ha.h.ano.** (Tabela de dados e cálculos no anexo - 01)

3.2.3. CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DAS VARIÁVEIS FÍSICAS E SÓCIO-ECONÔMICAS

3.2.3.1. ANÁLISE DOS COMPONENTES DO AMBIENTE FÍSICO DO VALE DO JEQUITINHONHA

As características fisiográficas do Vale do Jequitinhonha produzem uma realidade geográfica particular, tanto no aspecto físico quanto no sócio-econômico. Destaca-se, nessa realidade, o papel limitante da sua dinâmica ambiental quanto ao desenvolvimento de atividades econômicas, principalmente agropecuárias.

Condições de clima, solo, relevo, substrato geológico e vegetação adversas, aliadas aos níveis muito baixos de renda e educação de seus habitantes, fazem dessa região uma das mais deprimidas economicamente no Estado de Minas Gerais. É aquela na qual a sustentabilidade deve ser tema de primeira grandeza.

De acordo com o Atlas Climatológico de Minas Gerais (1982) -, o regime térmico do Vale do Jequitinhonha é caracterizado por uma temperatura média anual (Figura 32) em torno de 19°C, registrada para o extremo sul do Vale, na região denominada Alto Jequitinhonha. Nas regiões próximas ao município de Rio Pardo de Minas, têm-se temperaturas médias anuais entre 17 e 18°C. Essa temperatura aumenta em direção a leste do Vale, chegando a valores de até 25°C, quando se aproxima da região de Grão Mogol, Itacambira, situadas no Médio Jequitinhonha.

As temperaturas médias mínimas anuais giram em torno de 14°C, no Alto Jequitinhonha, principalmente nas proximidades da cidade de Diamantina, e aumentam à medida em que se adentra no Médio Jequitinhonha, passando para 19°C nas regiões em torno da cidade de Jequitinhonha. As temperaturas máximas médias encontram-se entre 24°C, no Alto Jequitinhonha, e aumentam para 30°C na região de Itacambira e 31°C no Médio Jequitinhonha. A precipitação média anual para a região de estudo varia de 1600 mm nas proximidades de Diamantina e Serro, área que sofre influência do regime continental tropical, para 800 mm na região de

Itacambira e no extremo leste do Vale, municípios de Coronel Murta e Jequitinhonha (Figura 33).

FIGURA 32 - MAPA DA TEMPERATURA MÉDIA ANUAL DE MINAS GERAIS E DO VALE DO JEQUITINHONHA

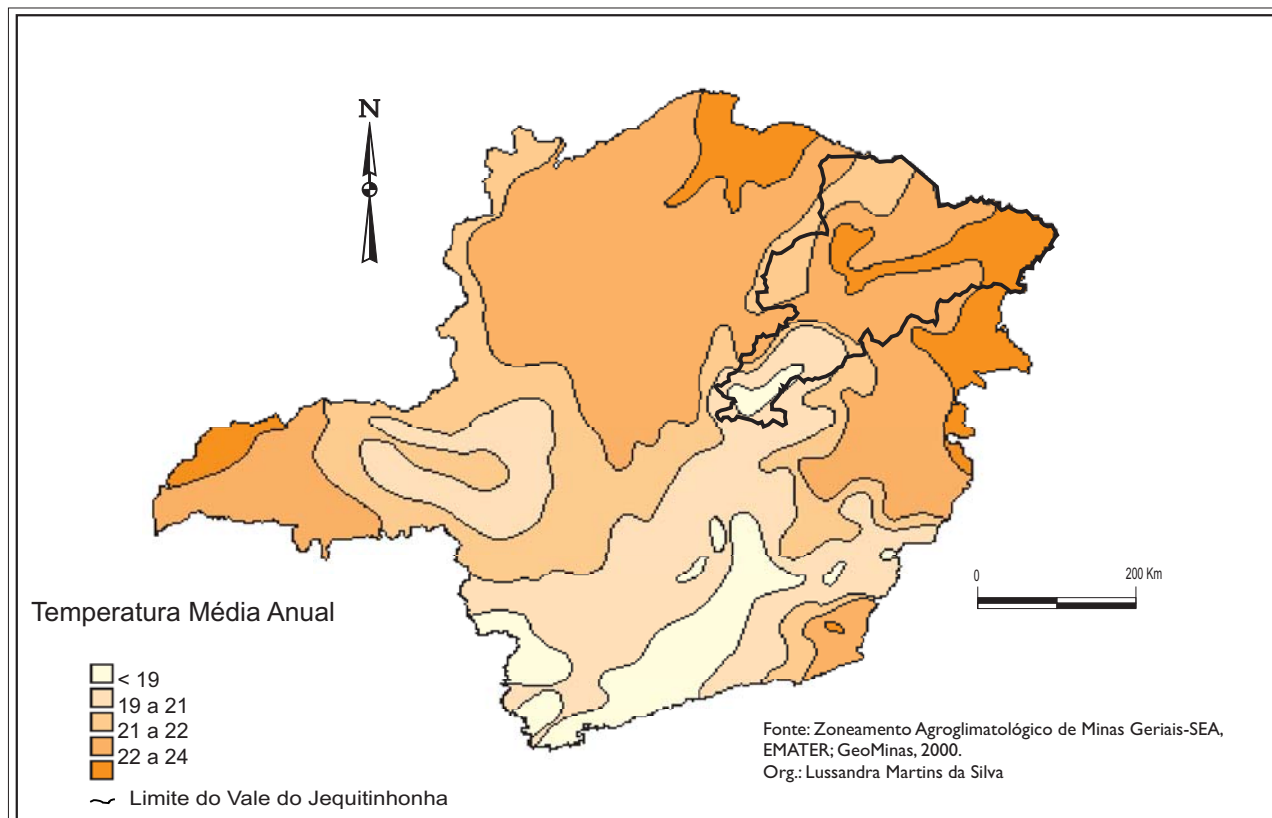
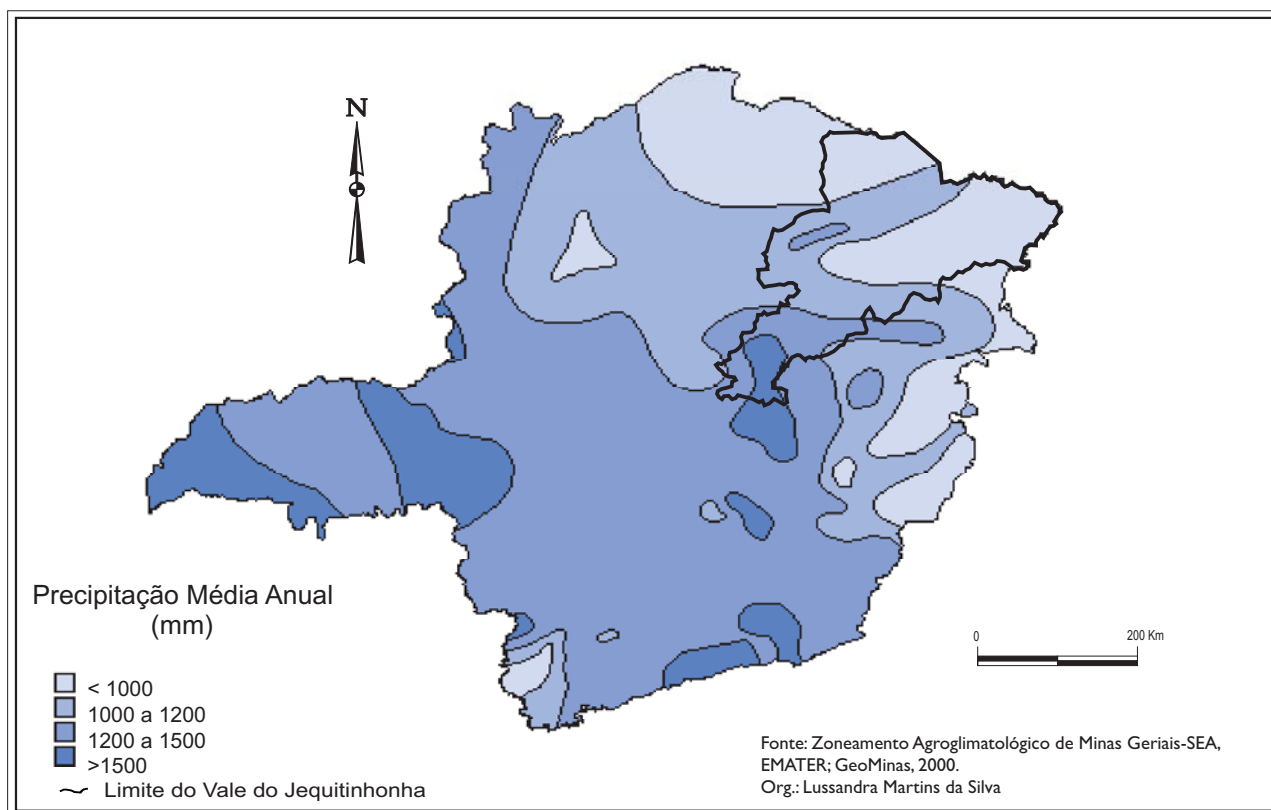


FIGURA 33 - MAPA DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL DE MINAS GERAIS E DO VALE DO JEQUITINHONHA



A área de estudo possui clima bastante quente e úmido, do tipo Aw, de acordo com o sistema de Kööppen, com chuvas fortemente concentradas nos meses de verão (novembro a janeiro) e totais mensais de precipitação freqüentemente nulos no período de estiagem (junho a agosto), (Tabela 3). A **deficiência hídrica**⁵⁵ (Figura 35 e Tabela 3) anual para o sul do Vale do Jequitinhonha está entre 100 e 150 mm. Esse índice aumenta em direção ao extremo leste do Vale, chegando a 200 mm e, na região do município de Jequitinhonha até Salto da Divisa, a 400 mm. A região de Grão Mogol tem deficiência em torno de 150 e 250 mm. As regiões norte e sul de Coronel Murta, ou seja, na interface das regiões Alto, Médio Jequitinhonha e Itacambira, possuem as maiores deficiências entre 300 e 500 mm.

O **excedente hídrico** (Figura 36 e Tabela 3) no Vale do Jequitinhonha é maior na região de Diamantina e em todo o extremo sul do Vale com 800 mm anuais. Ele decresce, chegando a 100 mm anuais nas regiões de Francisco Badaró, Araçuaí e Rio Pardo de Minas e até 0 mm a partir da região de Coronel Murta até Salto da Divisa. A deficiência hídrica e solos inférteis restringem a prática de uma agricultura mais produtiva no Vale. Alguns exemplos do **balanço hídrico** feito para região, que envolve a deficiência e o excedente hídrico, podem ser verificados na Figura 37.

⁵⁵ A **deficiência hídrica** ocorre quando a umidade do solo está esgotada a ponto de murchar permanentemente de uma determinada cultura ou vegetação. E o **excedente hídrico** é o resultado da soma de água que escoou pela superfície quando a chuva excede a capacidade de campo, que é a quantidade total de água retida no solo depois que o excesso de água foi drenado. Esses conceitos são derivados do método do **Balanço hídrico** de THORNTHWAITE; MATHER (1955), que visam obter maior exatidão do conteúdo de água existente no solo para a vegetação. O solo funciona como uma caixa, a chuva, como uma entrada de água nesse solo e a evapotranspiração, como saída dessa água.

FIGURA 35 - MAPA DAS DEFICIÊNCIAS HÍDRICAS DE MINAS GERAIS E DO VALE DO JEQUITINHONHA

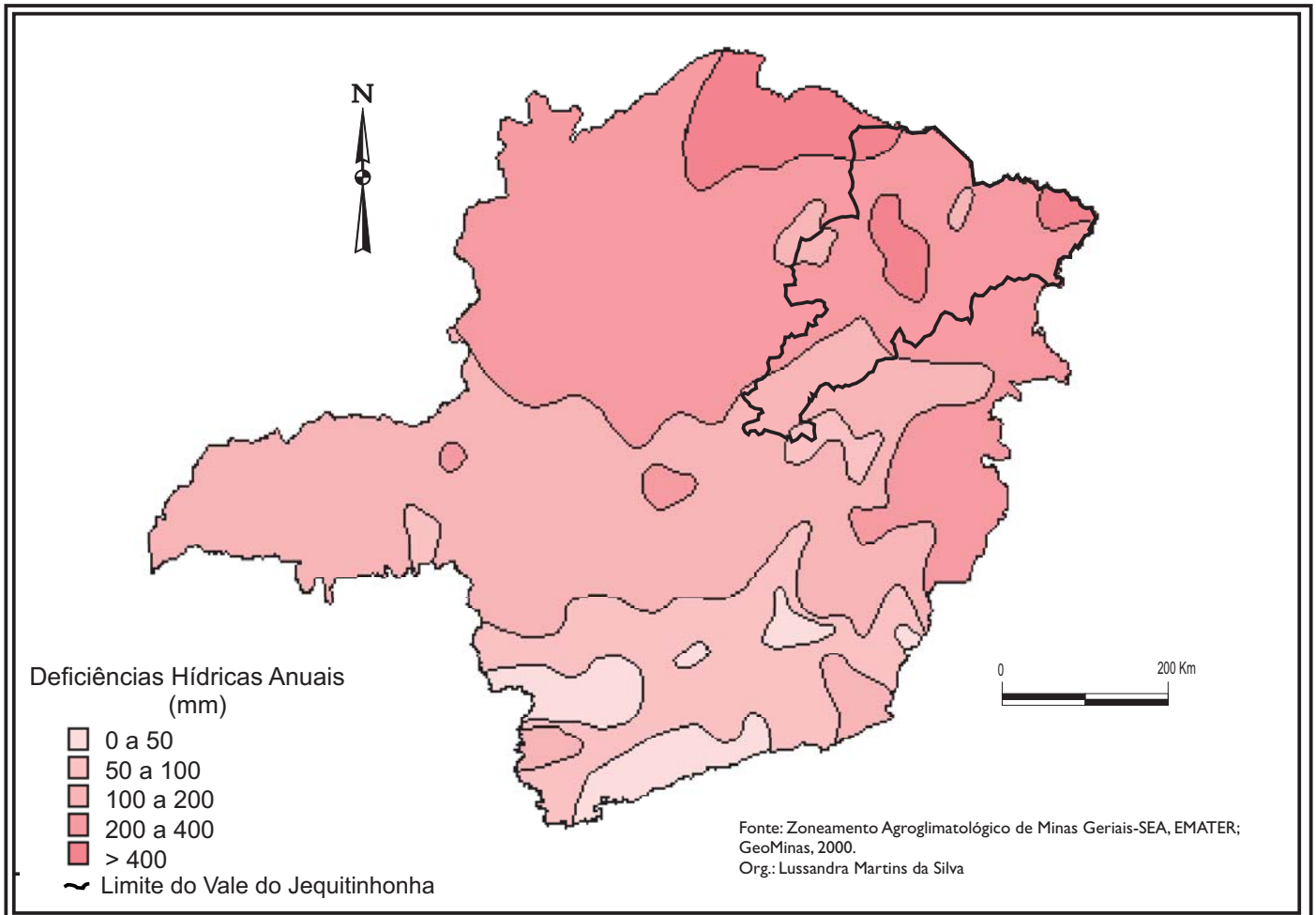


FIGURA 36 - MAPA DE EXCEDENTES HÍDRICOS DE MINAS GERAIS E DO VALE DO JEQUITINHONHA

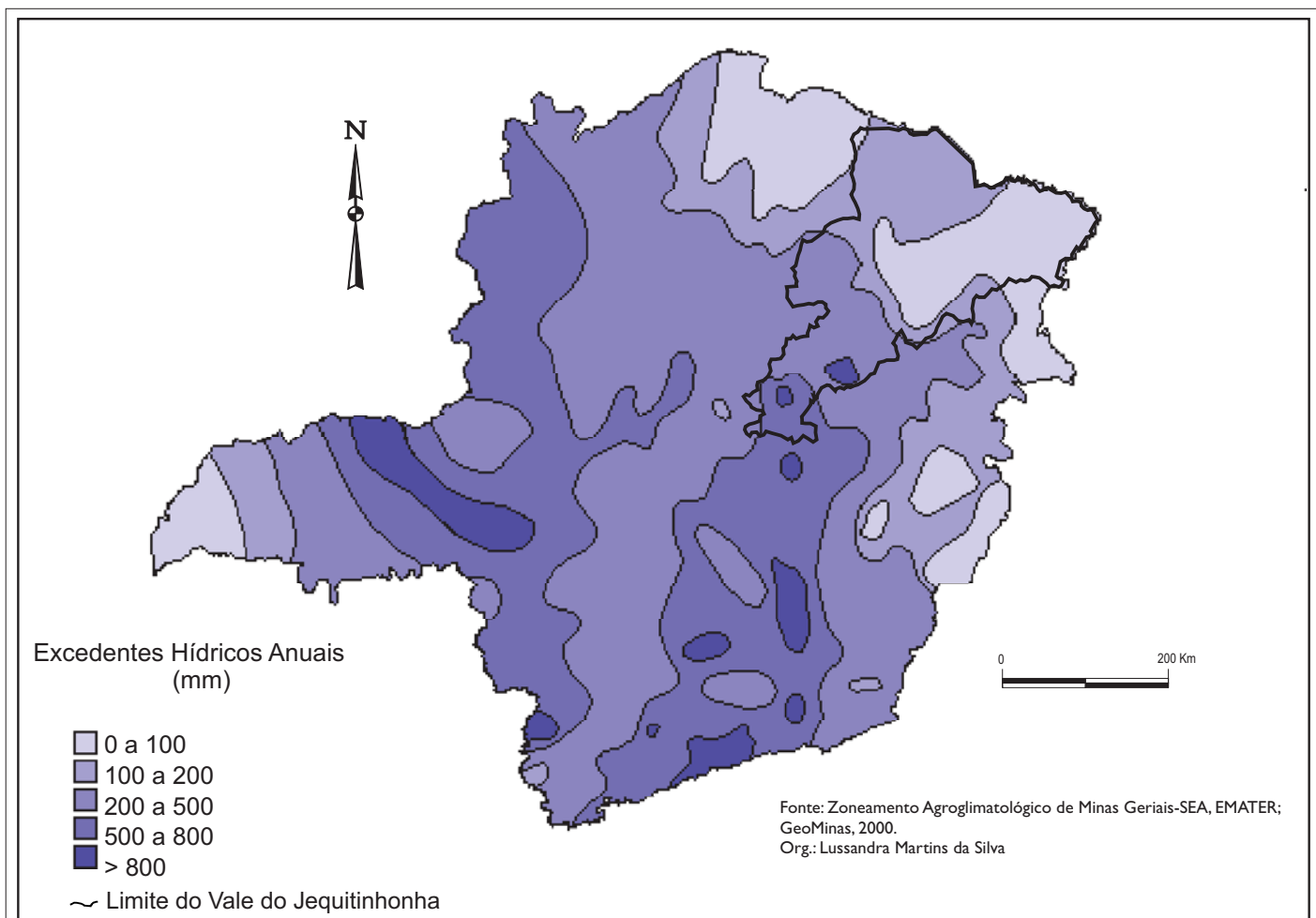
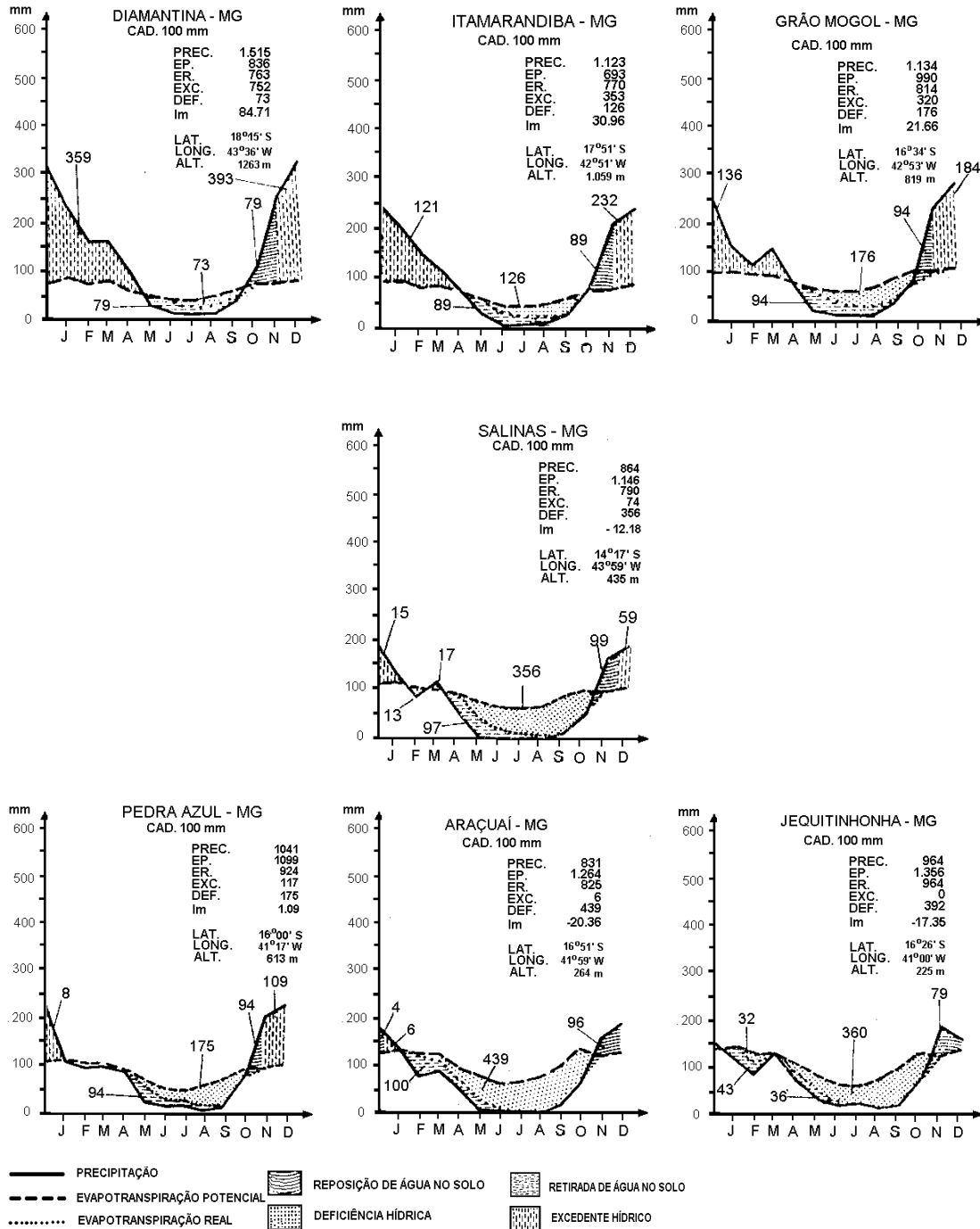


FIGURA 37 – BALANÇO HÍDRICO DE ALGUNS MUNICÍPIOS DO VALE DO JEQUITINHONHA



Fonte: NIMER, 1989.

Foram descritas três formações geomorfológicas para essa área: **Planalto Jequitinhonha, Depressão do Jequitinhonha e a Serra do Espinhaço** (Fundação Centro Tecnológica de Minas Gerais/CETEC, 1982a, 1982b, 1983). O Planalto Jequitinhonha contém o setor Jequitinhonha, que está em altitudes de 900 metros, e o setor Rio Pardo, com os patamares de 900 e 1070 metros. A Depressão do Jequitinhonha ocorre nos 400 metros de altitude, com caimento gradativo para leste, atingindo 150 metros nas proximidades de Salto da Divisa. A Serra do Espinhaço é uma unidade geomorfológica que aparece, sobretudo, na porção sul. Ela é um importante divisor de águas entre as bacias dos rios São Francisco e Doce. Suas cotas altimétricas estão geralmente entre 1000 e 1300 metros, sendo que ao sul, em Diamantina, freqüentemente ultrapassam 1400 metros, chegando a 1650 metros.(FIGURA 38)

De acordo com a Fundação Centro Tecnológica de Minas Gerais - CETEC (1982a, 1982b e 1983) e com MINAS GERAIS/CODEVALE (1960), temos ao sul do Vale do Jequitinhonha a formação denominada **Supergrupo Espinhaço**, de idade Proterozóica, na qual dominam rochas, como quartzitos, filitos, metaconglomerados, metavulcânicas e itabiritos, distribuindo-se numa faixa com direção sul-norte. Esse conjunto de rochas encontra-se intensamente dobrado e falhado. O intemperismo desse tipo de rocha produz um solo argiloso avermelhado sobre as rochas vulcânicas e filíticas e um solo arenoso sobre as quartzozas. Desse modo, encontram-se aí solos praticamente estéreis, impróprios para a agricultura. Na parte oeste, do município de Bocaiúva, afloram siltitos, calcários e ardósia da Série Bambuí.

O **complexo Cristalino**, que se constitui de granitos e gnaisses, é encontrado em cidades, como: Salinas, Coronel Murta, Itinga e Novo Cruzeiro. Nessa formação verificam-se solos com melhores condições para o aproveitamento agropecuário,

VALE DO JEQUITINHONHA
Mapa Altimétrico

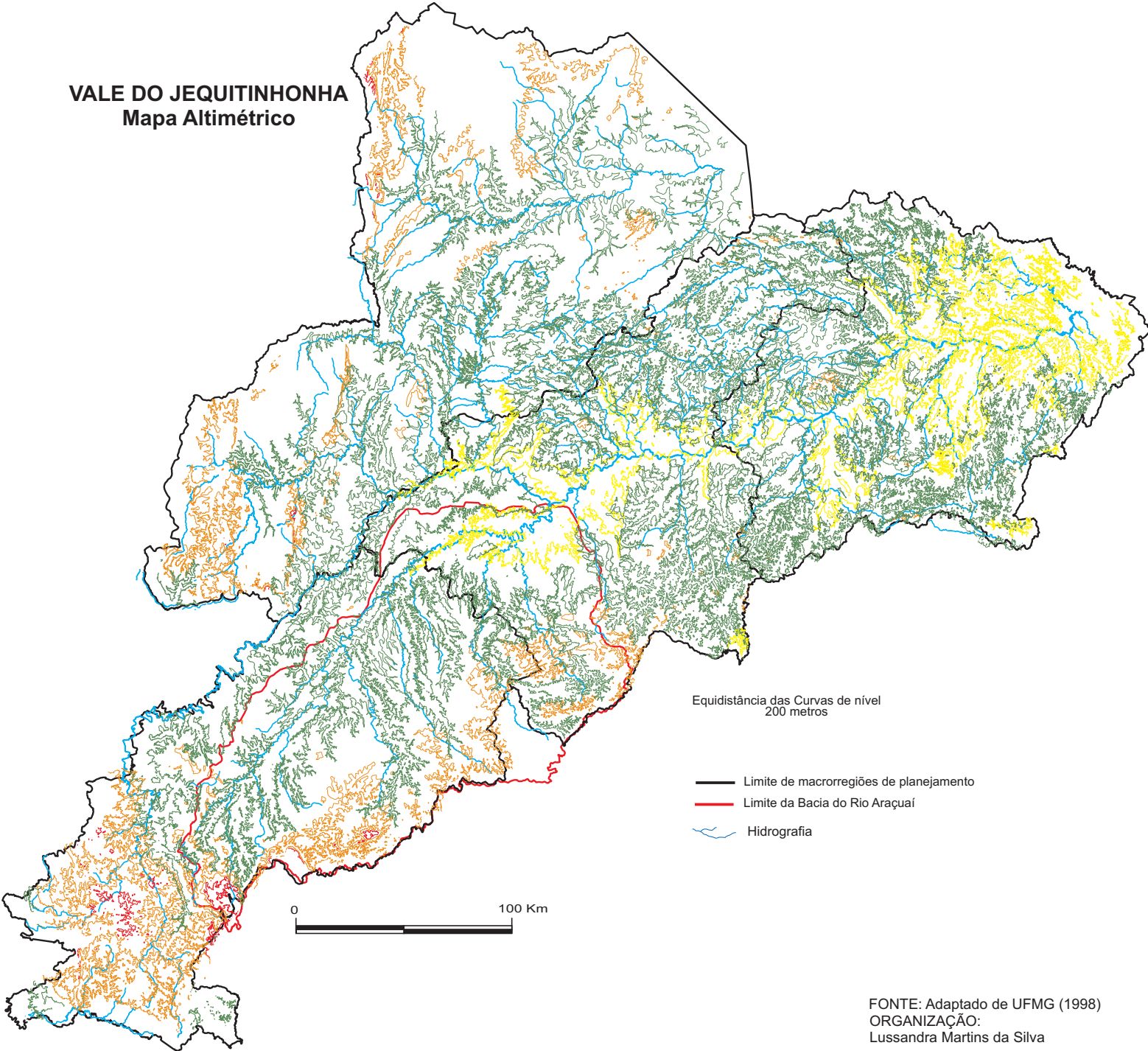


Figura 38 - Mapa Altimétrico do Vale do Jequitinhonha

pois nele encontram-se minerais que contêm potássio, magnésio, cálcio e, em alguns locais, fósforo.

O **complexo Lavras** também é encontrado na região, constituído por rocha poli-metamórfica, dobrada, retorcida e migmatizada. A oeste de Itinga e, principalmente, nos vales da margem direita dos rios Vacaria e Araçuaí, pode-se perceber esse tipo de formação.

A região é propícia à ocorrência de inúmeras substâncias minerais de interesse econômico, muitas das quais já conhecidas e em exploração. Nos aluviões do alto curso do Jequitinhonha, há várias minas e garimpos de diamante, que também extraem ouro como subproduto, além de muitas lavras clandestinas.

No nordeste de Minas Gerais e no sul da Bahia são extraídas pedras preciosas em uma grande concentração de garimpos e minas, que exploram, também, minerais industriais, como caulim, feldspato, quartzo, mica, columbita, tantalita, petalita e cassiterita. As jazidas de grafita da região de Pedra Azul estão entre as maiores do mundo. Dentre outros bens minerais de ocorrência conhecida, nessa região, podem ser citados também o manganês, a apatita, a diatomita, a fluorita e a turfa.

A vegetação da região (Figura 39) é bastante diversificada, pois encontram-se desde matas ciliares até caatingas. Ao norte, ao centro, a oeste e em pequenas manchas a leste do vale, aparece a caatinga, que reflete condições de clima seco, solos arenosos e pedregosos. Pode-se encontrar esse tipo de vegetação em Itinga, Araçuaí, Virgem da Lapa e em regiões proximais. Ao centro e no sudoeste ocorre a vegetação de campos e cerrados que se verifica em solos poucos férteis e de pouca umidade. Na região da Serra do Espinhaço (Figura 40), encontram-se os campos de altitude e cerrado. A floresta, que ainda sobreviveu às devastações em decorrência do reflorestamento, pastagens e agricultura, aparece em porções

mais elevadas, como topos de algumas chapadas, encostas mais úmidas e onde ocorrem intrusões de rochas ultrabásicas; localiza-se na borda leste do vale.

FIGURA 39 – MAPA DA VEGETAÇÃO NATURAL DE MINAS GERAIS E DO VALE DO JEQUITINHONHA

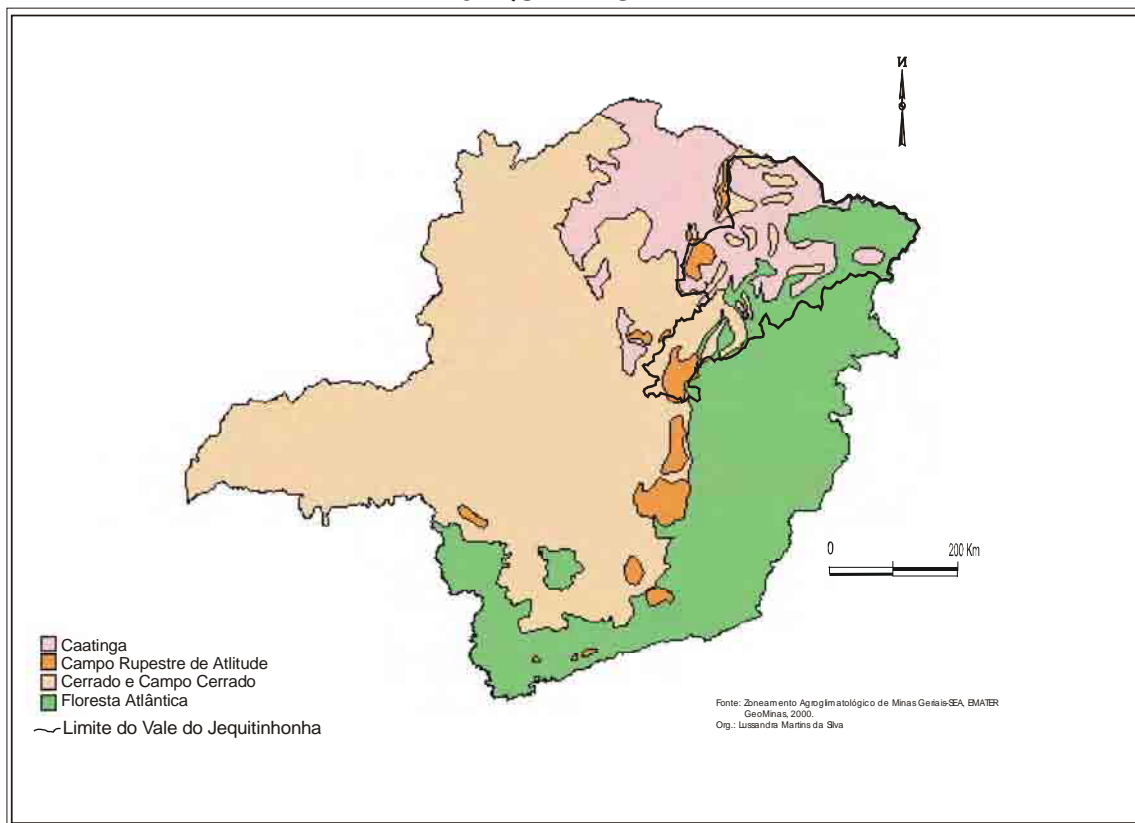


FIGURA 40 – VEGETAÇÃO TÍPICA DO CERRADO



Visão em primeiro plano da vegetação típica do Cerrado e margeando um rio local uma mata ciliar. Ao fundo, pequena parte do Complexo Serra do Espinhaço.

No Alto Jequitinhonha, Diamantina e região, as atividades de mineração e garimpo suprimiram as matas ciliares, e parte da vegetação nativa foi substituída por culturas homogêneas, como o reflorestamento; no Alto e no Médio Pardo, foram abertos campos para a implantação de pastagens. Apesar da redução da cobertura vegetal, ainda são encontrados remanescentes representativos de todas as formações vegetais ocorrentes na região, destacando-se os do cerrado, que se localiza no Alto e no Médio Jequitinhonha. Com a destruição da vegetação natural, foram eliminados também muitos habitats naturais da fauna terrestre, de tal forma que os ainda existentes encontram-se dispersos pela região, nas áreas remanescentes de vegetação nativa, colocando as populações animais em situação de isolamento.

O Vale do Jequitinhonha está inserido em uma região caracterizada por fatores climáticos adversos em relação a outras regiões do Estado, ocorrendo regiões com secas muito severas. Por isso, o Rio Jequitinhonha, o qual dá nome à região de planejamento, é uma importante fonte de drenagem dessa região para muitas populações ribeirinhas. Ele nasce nas proximidades do município do Serro e atravessa toda a região Nordeste de Minas Gerais, passando pelo Estado da Bahia e desembocando no Oceano. Esse rio exerce importante influência nas localidades por onde percorre, principalmente nas regiões mais secas do Vale. Desempenhando forte função no Vale do Jequitinhonha, no que diz respeito à drenagem, tem-se o outro curso d'água de grande importância - o Araçuaí, afluente do Jequitinhonha.

Devido à grande importância dos recursos hídricos na região do Vale do Jequitinhonha, tem-se necessariamente que canalizar esforços para estudos de viabilidade e gerenciamento ambiental para essa bacia. Nesse sentido, está sendo elaborada, pelo governo federal, a pesquisa “*A Matriz de Recursos Hídricos (1997)*”. A área do Jequitinhonha foi adotada como teste pelo “*fato de exigir especial atenção do poder público, por se constituir em uma área carente, tanto do*

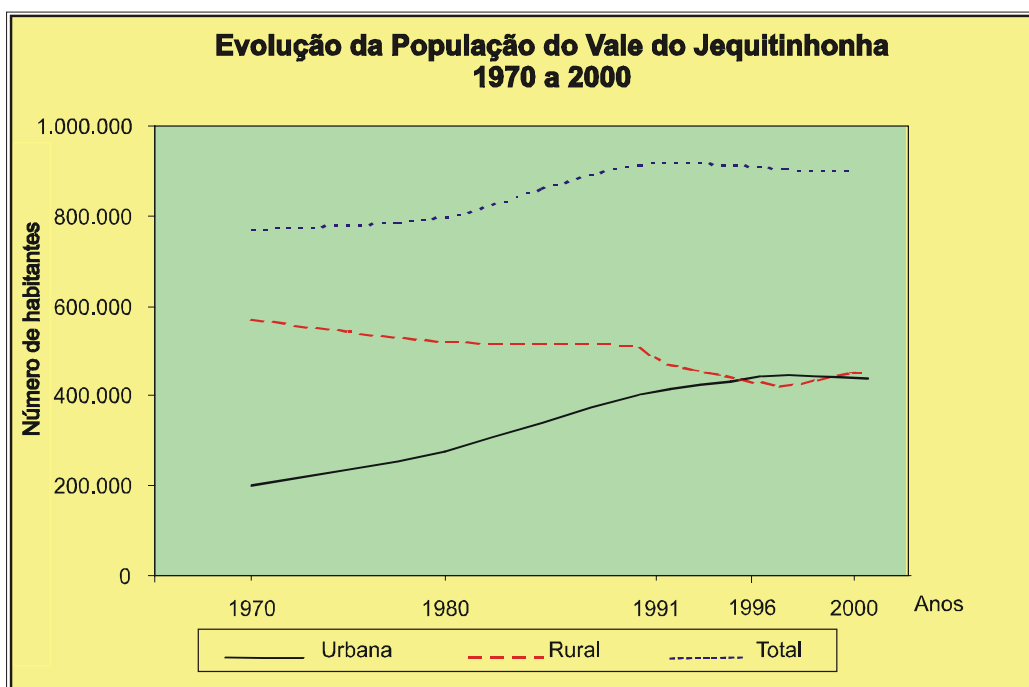
ponto de vista social, quanto econômico. Além disso, essa bacia tem apresentado trechos onde a degradação ambiental exige ações efetivas” (SEGOVIA, 1997).

Foi, também, produzido o Plano Diretor de Recursos Hídricos para os Vales do Jequitinhonha e Pardo/Planvale. O projeto já tem alguns pontos executados em um cronograma de tarefas a ser efetivado até o ano 2015.

3.2.3.2. ANÁLISE DOS COMPONENTES DO AMBIENTE SÓCIO-ECONÔMICO DO VALE DO JEQUITINHONHA

Quando se analisa o aspecto demográfico do Vale do Jequitinhonha, deve-se considerar que a população rural foi preponderante sobre a urbana, até meados da década de 1990, quando a primeira é suplantada pela segunda (Gráfico 01).

GRÁFICO 1 – POPULAÇÃO DO VALE DO JEQUITINHONHA

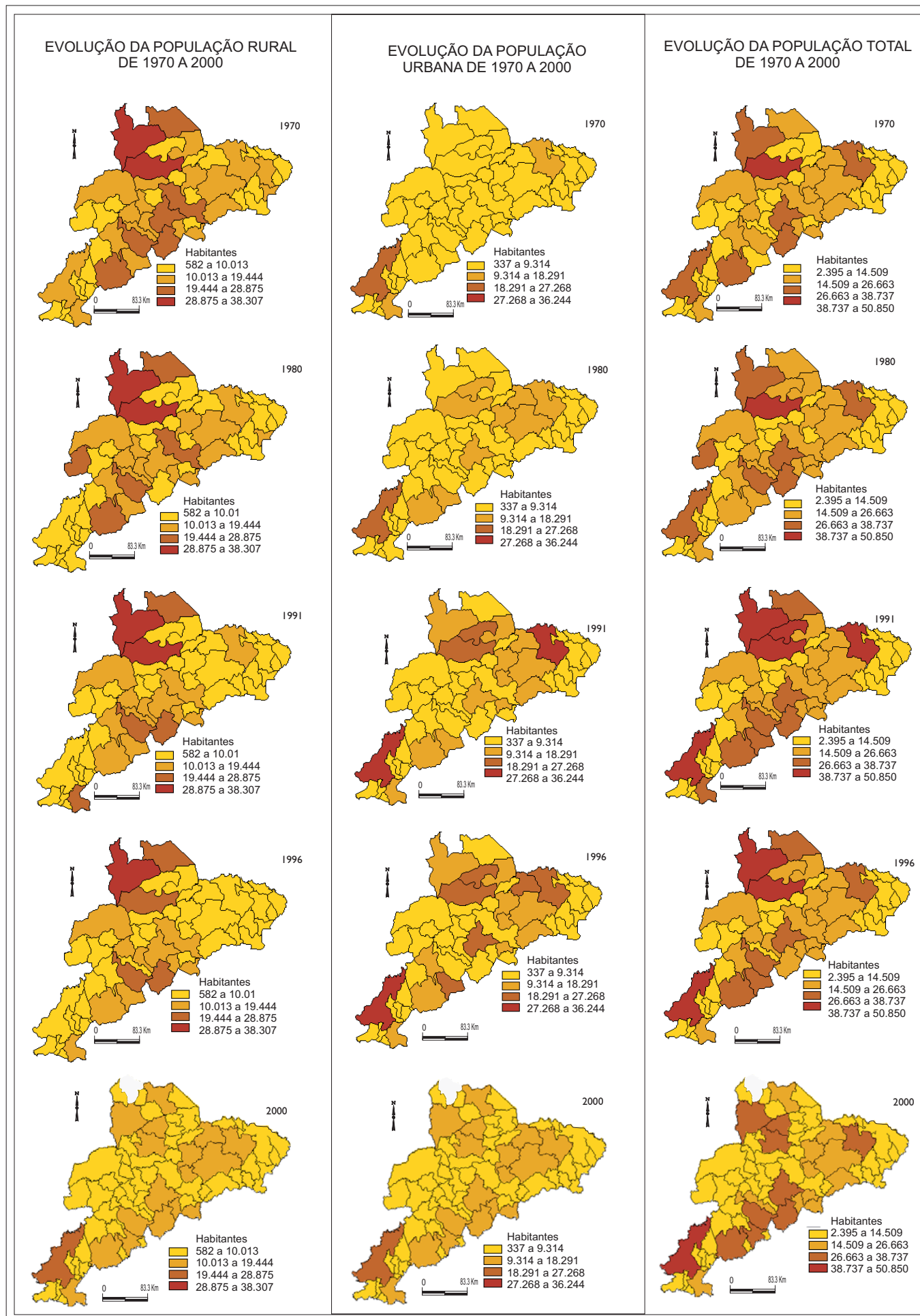


Fonte: (IBGE) Censos Demográficos 1970, 1980, 1991, Contagem da População de 1996 e Sinopse preliminar do Censo 2000.

Na análise da evolução populacional recente da região em estudo (Gráfico 01), no período de 1970 a 2000, verifica-se que a população total teve crescimento mais acentuado, cerca de 200.000 mil habitantes, do ano de 1970 até 1991. Nesse período observa-se também um crescimento da população urbana. A partir de 1991 até 1996, constata-se uma situação de estabilidade com leve decréscimo da população total em cerca de 17.000 pessoas. Já a partir dos dados de 2000, pode-se perceber o aumento da população em cerca de 37 mil habitantes.

A dinâmica da população, expressa nos cartogramas que compõem a figura 41, representa muito claramente o processo de urbanização pelo qual passou a região. Enquanto os cartogramas que demonstram a população rural mostram o aumento expressivo do número de municípios que mudam para classes com menos população, o contrário se dá com os cartogramas de população urbana. Nesses, alguns municípios começam a se destacar, por concentrar população urbana, como é o caso de Almenara, Araçuaí e Diamantina, os mesmos que se destacam em relação ao total de habitantes.

FIGURA 41 - EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO DO VALE DO JEQUITINHONHA DE 1970 a 2000



Fonte: IBGE - Censos Demográficos de Minas Gerais, 1970, 1980, 1991, Contagem da População 1996 e Contagem Preliminar 2000.

Considerando-se a Contagem Populacional de 1996, em relação ao censo de 1991 e de 2000 ocorreram decréscimos em todas as microrregiões, fato que culminou na diminuição do número total de habitantes. Quando se verificam os dados por microrregiões (Tabela 04), tem-se um acréscimo da população total de 1970 para 2000, em todas as microrregiões, exceto na Pastoril de Almenara (1980) e Mineradora do Alto Jequitinhonha (1991).

A população rural decresceu progressivamente de 1970 para 1996 em todas as microrregiões, exceto em 1991, quando se registrou um aumento de população rural nas microrregiões Alto Rio Pardo e Mineradora Diamantina em relação a 1980. O número de habitantes na área rural voltou a crescer em 2000 comparando-se aos anos anteriores, isso foi possibilitado pelo aumento da população nas microrregiões de Pastoil de Almenara e Mineradora Diamantina.

A população urbana é inferior à rural em todas as microrregiões, exceto na Pastoril de Almenara (1991 e 1996) e Mineradora Diamantina (1996). No entanto, ocorreram acréscimos significativos de população urbana, seguindo as tendências de urbanização brasileira que se reforçou nos anos 1970. Em algumas microrregiões, a população urbana praticamente dobrou em cada década, como é o caso do Alto Rio Pardo e Mineradora do Alto Jequitinhonha, sem que a população total tivesse apresentado a mesma intensidade de crescimento, o que permite inferir um forte aumento do êxodo rural nessas microrregiões. A população urbana total regional superou a população total rural em 1996. Essa tendência foi verificada em 2000 quando a população urbana ultrapassa a rural em todas as microrregiões, exceto na Pastoril de Almenara.

Pelos dados dos anos de 1970, 1980 e 1991, pode-se induzir que as pessoas da área rural provavelmente migravam em direção às áreas urbanas dentro do próprio vale. No entanto, a diminuição da população total entre 1991 e 1996 indica migração para fora do Vale, principalmente em direção às zonas canavieiras de São Paulo e cafeeiras do sul de Minas Gerais.

Fato expressivo é o que se verifica em 2000, com o aumento da população rural em duas microrregiões, Pastorial de Almenara e Mineradora de Diamantina, culminando no aumento da população total em 2000. Esse processo não ocorria desde o ano de 1980, salvo em algumas microrregiões já referenciadas.

TABELA 4 – EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO DAS MICRORREGIÕES DO VALE DO JEQUITINHONHA - 1970/2000

Microrregiões		Alto Rio Pardo	Mineradora Alto Jequitinhonha	Pastoril de Pedra Azul	Pastoril de Almenara	Mineradora de Diamantina	Total
População 1970	Total	140,834	40,391	210,121	159,192	222,964	773,502
	Urbana	19,614	3,466	58,093	61,342	57,380	199,895
	Rural	121,220	36,925	152,028	97,850	165,584	573,607
População 1980	Total	151,852	42,757	219,312	145,360	238,280	797,561
	Urbana	38,356	6,642	78,044	70,020	81,735	274,797
	Rural	113,496	36,115	141,268	75,340	156,545	522,764
População 1991	Total	184,439	39,323	232,607	169,331	291,453	917,153
	Urbana	65,008	10,802	104,263	102,114	120,171	402,358
	Rural	119,431	28,521	128,344	67,217	171,282	514,795
População 1996	Total	182,115	38,466	230,760	168,615	280,141	900,093
	Urbana	83,310	14,145	114,235	110,861	140,245	462,796
	Rural	98,731	24,321	116,525	57,754	139,896	437,227
População 2000	Total	199,364	40,466	235,100	174,150	288,241	937,321
	Urbana	102,230	20,868	121,478	91,245	146,938	482,759
	Rural	97,134	19,598	113,622	82,905	141,303	454,562

Fonte: (IBGE) Censos Demográficos 1970,1980, 1991,Contagem da População 1996 e Censo preliminar 2000.

Percebe-se, então, que o Vale do Jequitinhonha passa pelo fenômeno do êxodo rural a que Guimarães (1982, p. 278.) se refere:

A mobilidade horizontal das populações de uma para outra localidade, dentro da área rural, entre a área rural e a urbana, dentro ou fora das fronteiras políticas nacionais - é um fato histórico e social comum a todas as nações e a todos os tempos, desde as áreas mais remotas. Tem sido determinada por movimentos de repulsão, quando a miséria rural, as calamidades climáticas, como as secas ou as inundações forçam as pessoas a abandonarem os lugares de origem.

As cidades são geralmente pequenas, em termos de população, fato que pode ser mensurado pelo número de habitantes na área urbana de cada município⁵⁶. Apresentam-se com sérias deficiências de infra-estrutura econômica, sendo as atividades praticadas quase totalmente voltadas para o auto consumo. As cidades mais desenvolvidas⁵⁷ são poucas.

Em relação à agricultura do vale, essa não é muito diversificada; cultivam-se principalmente produtos agrícolas básicos, como arroz e feijão; e cria-se gado para corte e leite. A especialização desses produtos é bem definida: as lavouras temporárias aparecem formando uma faixa no sentido Norte-Sul, correspondendo aos municípios da região central do Vale. É notável a progressiva mudança de classe da maioria desses municípios, indicando a crescente diminuição dessas

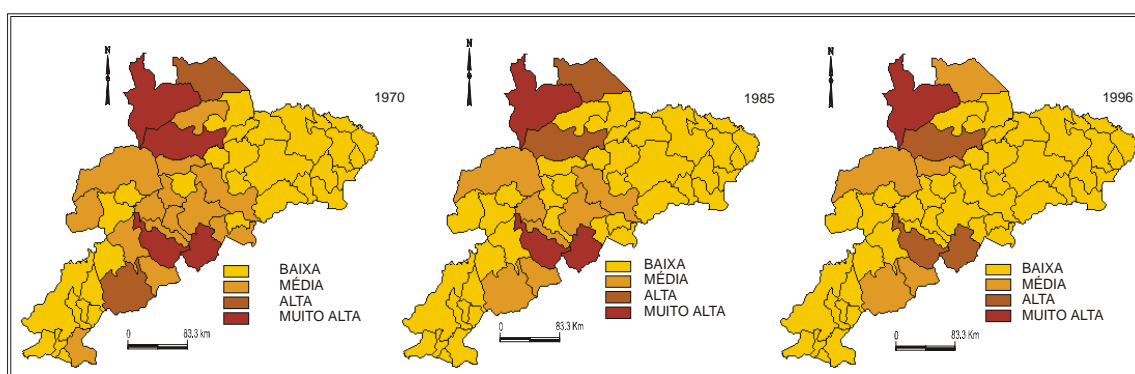
⁵⁶ Vide tabelas em anexo.

⁵⁷ Almenara, Araçuaí, Capelinha, Diamantina, Grão Mogol, Salinas, Itamarandiba, Jequitinhonha, Minas Novas, Novo Cruzeiro, Rio Pardo de Minas (vide foto de algumas cidades em anexo).

lavouras (Figura 42). A presença de lavouras, bovinos, trabalhadores foi estabelecida a partir dos dados em hectares, cabeças e pessoas, respectivamente, por municípios, extraídos dos censos agropecuários e classificados em quartis aos quais se atribuiu a nomenclatura baixa, média, alta e muito alta presença.

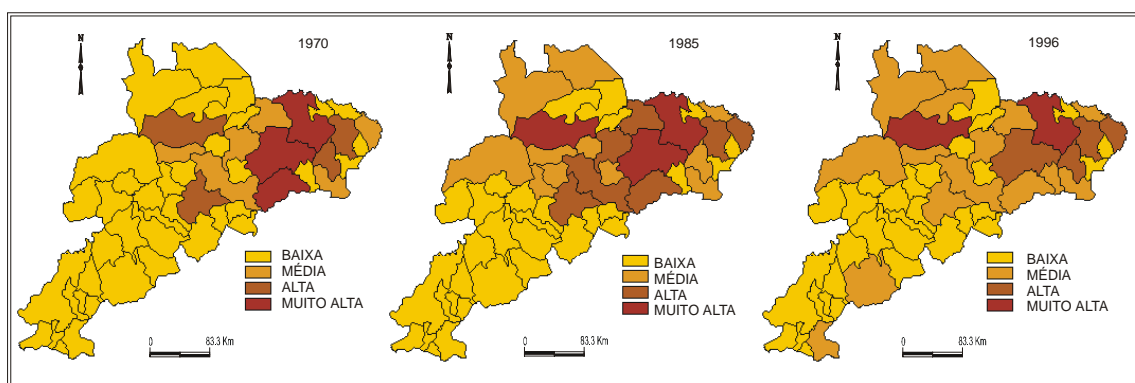
Em resumo, têm-se no Vale duas realidades agrárias, uma voltada para a produção de subsistência, no alto vale e região do Alto Rio Pardo, e outra, no Médio Vale, voltada para produtos derivados da criação, como leite, carne, etc (Figura 42 e 43).

FIGURA 42 – PRESENÇA DAS LAVOURAS TEMPORÁRIAS NO VALE DO JEQUITINHONHA EM 1970, 1985 e 1996



Fonte: IBGE, Censos Agropecuários 1970, 1985 e 1996.

FIGURA 43 – PRESENÇA DO EFETIVO BOVINO NO VALE DO JEQUITINHONHA EM 1970, 1985 e 1996

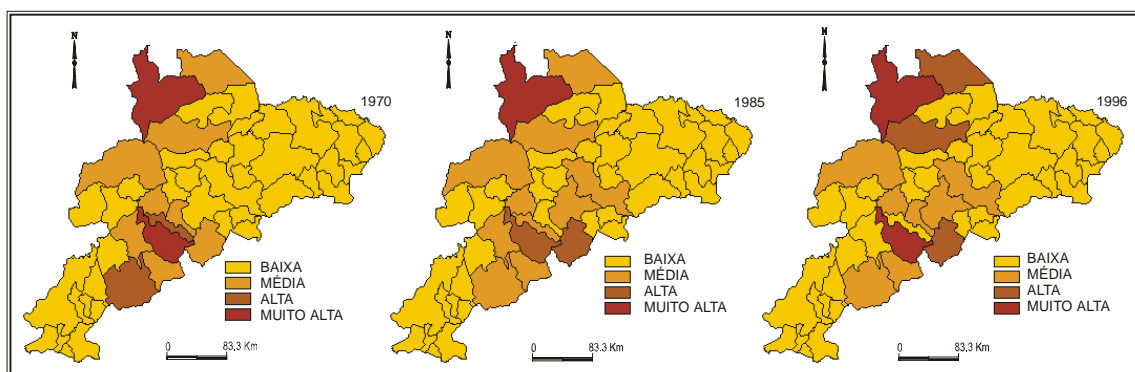


Fonte: IBGE, Censos Agropecuários 1970, 1985 e 1996.

O efetivo bovino, que representa a pecuária, aparece principalmente nos municípios da porção leste do Vale. O número de municípios que muda para classes de muito alta concentração do efetivo bovino aumenta gradativamente e expande a área da pecuária para toda a porção norte do Vale, desconcentrando espacialmente essa atividade (Figura 43).

A força de trabalho reflete essas duas realidades, mostrando estreita vinculação com a atividade agropecuária ali praticada. Isso pode ser evidenciado por meio dos mapas das figuras 44 e 45.

FIGURA 44 – PRESENÇA DOS TRABALHADORES FAMILIARES NO VALE DO JEQUITINHONHA EM 1970, 1985 e 1996

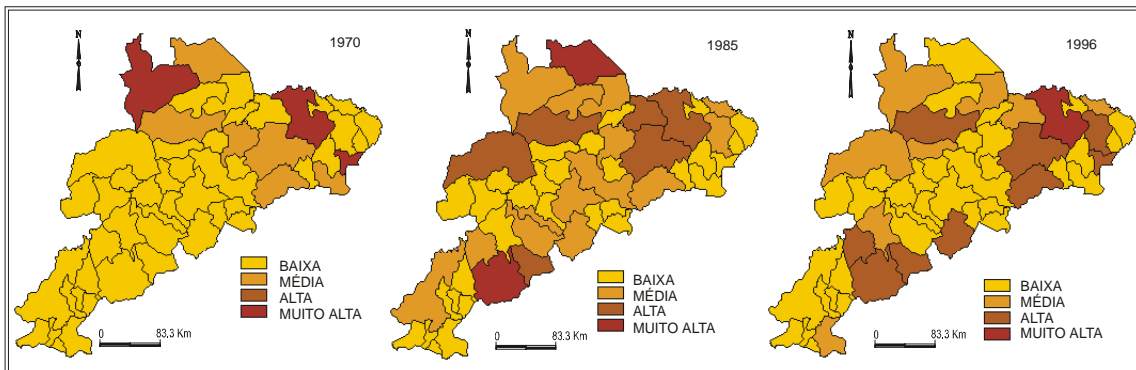


Fonte: IBGE, Censos Agropecuários 1970, 1985 e 1996.

Como pode-se perceber pelos gráficos 02, 03, 04, a maioria dos trabalhadores do Vale é familiar. Esses trabalhadores cultivam produtos da agricultura básica, como o arroz, feijão, mandioca e o milho, alimentos essenciais para a subsistência e para a comercialização, que é feita quando há algum excedente.

Os trabalhadores permanentes são em número muito reduzido, se comparado aos familiares. Esse pequeno número de trabalhadores permanentes pode ser associado com a pecuária, que exige baixa quantidade de mão-de-obra, e é justificado pelas ínfimas perspectivas de trabalho no setor terciário de toda a região.

FIGURA 45 – PRESENÇA DOS TRABALHADORES PERMANENTES NO VALE DO JEQUITINHONHA EM 1970, 1985 e 1996



Fonte: IBGE, Censos Agropecuários 1970, 1985 e 1996.

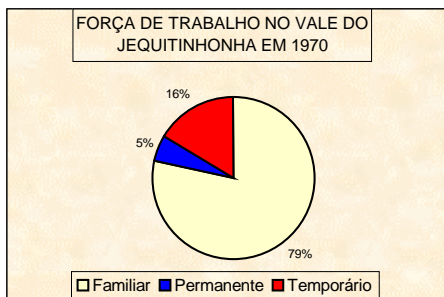


GRÁFICO 2 – FORÇA DE TRABALHO, 1970

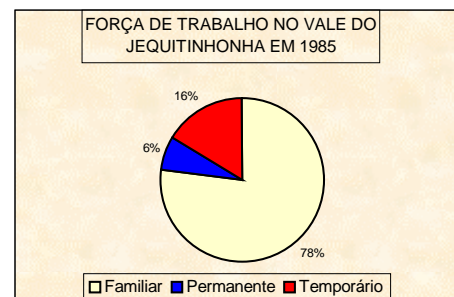


GRÁFICO 3 – FORÇA DE TRABALHO 1985

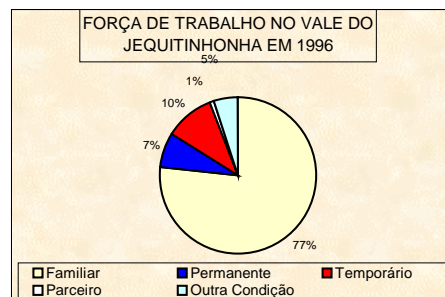


GRÁFICO 4 – FORÇA DE TRABALHO, 1996

3.2.4. ATLAS DIGITAL DO VALE DO JEQUITINHONHA E BACIA DO RIO ARAÇUAÍ

A problemática suscitada pelas mudanças e alterações ambientais motiva muitas investigações que podem ser encaminhadas ou desenvolvidas tanto pela dinâmica dos diferentes elementos naturais (clima, relevo, vegetação, água, solos), bem como pelos efeitos crescentes da atividade antrópica sobre o meio ambiente.

Assim, foram estudados esses elementos naturais, alguns efeitos de seu desequilíbrio, como a perda de solo; a dinâmica temporal de algumas variáveis, como população e algumas das interações das variáveis e os prováveis efeitos em um espaço como o do Vale do Jequitinhonha. Os produtos cartográficos, produzidos pela cartografia digital ou convencional e pelo geoprocessamento (Sistemas de Informações Geográficas) a partir de uma pesquisa ambiental, hoje em dia podem ser agrupados em CD-Rom e DVD's e visualizados em ambiente computacional, utilizando-se de conceitos de visualização cartográfica e Atlas digitais, amplamente relacionados neste trabalho.

O Atlas digital do Vale do Jequitinhonha e da bacia hidrográfica do Araçuaí, é composto de informações, que englobam mapas temáticos, topográficos, imagens de satélite, textos, tabelas e gráficos. (FIGURA 46)

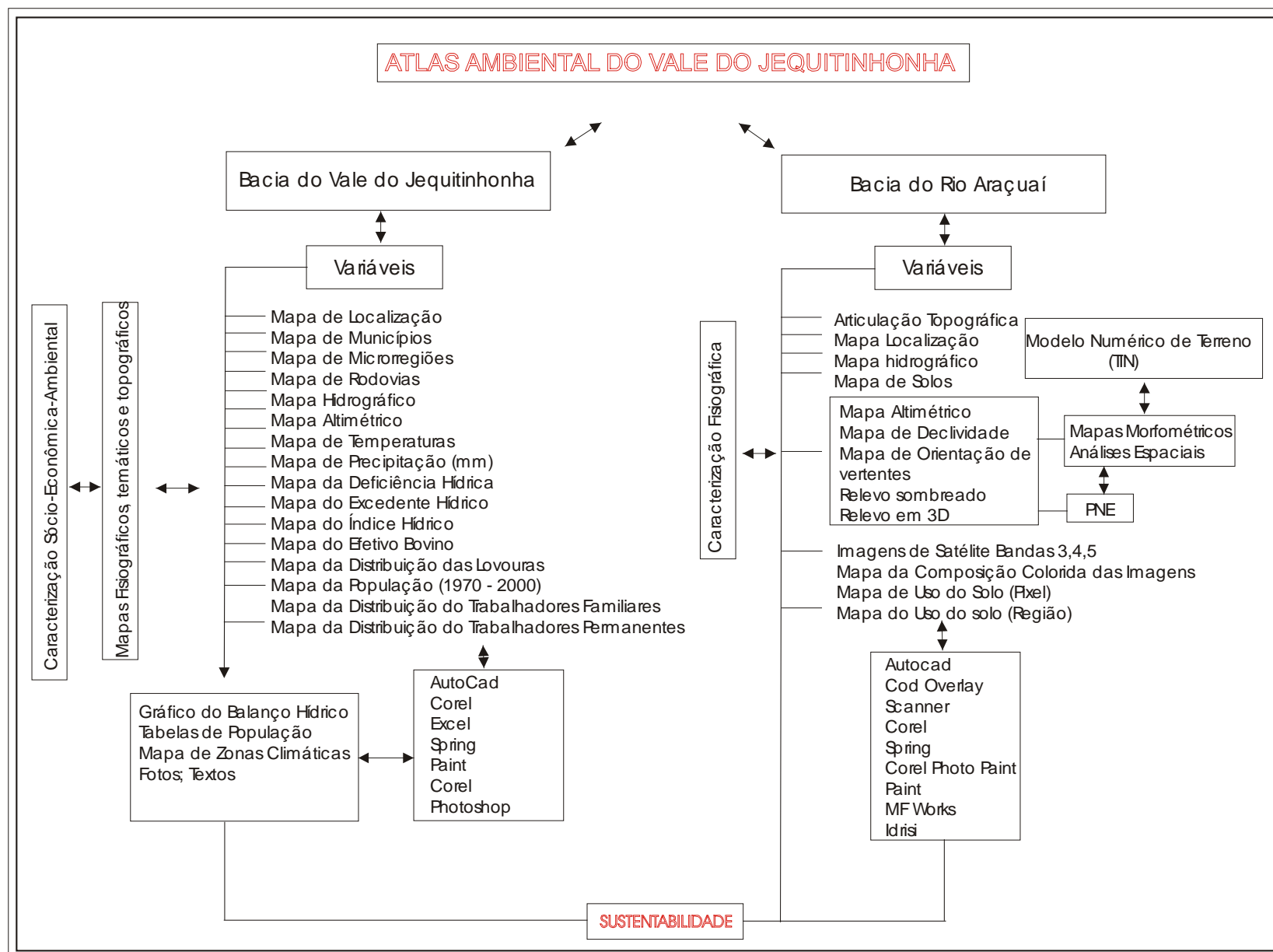


FIGURA 46 – ROTEIRO METODOLÓGICO PARA ELABORAÇÃO DE ATLAS DIGITAIS

Os mapas produzidos para a Bacia do Jequitinhonha são os seguintes: localização, hidrográfico, divisão municipal, microrregiões, rodovias, temperaturas médias, precipitação média, deficiência hídrica, excedente hídrico, índice hídrico, altimetria, população, distribuição das lavouras, distribuição dos trabalhadores familiares e permanentes e efetivo bovino. A área retratada no atlas refere-se aos 75 municípios do Vale do Jequitinhonha, que são mostrados no item localização política e administrativa.

Para a bacia do Araçuaí foram produzidos mapas de: localização, articulação topográfica, hidrografia, hipsometria, altimetria, declividades, dois de orientação de vertentes, dois de uso da terra, DTM – Modelo tridimensional da área, imagem em níveis de cinza do MNT, Potencial Natural de Erosão, principais tipos de solos e uma composição colorida das imagens de satélite.

O atlas elaborado consta no CD-Rom anexo e sobre cada mapa produzido, escreve-se um pequeno comentário, dando a informação sobre os dados e a maneira de construção dos mapas.

Sobre os mapas da Bacia do Vale do Rio Jequitinhonha que incorporam o Atlas Ambiental pode-se tecer os seguintes comentários para cada um deles:

O mapa de localização do Vale do Jequitinhonha criado a partir do mapa do Brasil. Destaca-se o Estado de Minas Gerais em verde depois o Vale do Jequitinhonha em cinza. Por último são mostradas as microrregiões do Vale, sua articulação cartográfica, composta por 41 cartas de 1:100 000 e a Bacia do rio Araçuaí em vermelho. (FIGURA 01)

O **mapa hidrográfico** mostra os principais rios do Vale. Situados ao sul têm-se o rio Araçuaí na margem direita do rio Jequitinhonha, Rio Fanado, afluente do rio

Araçuaí. O rio Pardo, rio Itacambiruçú e o rio Itinga são os maiores em extensão e compõem a rede hidrográfica da região. (FIGURA 02)

O **mapa da divisão municipal** apresenta a localização dos 75 municípios que compõem o Vale. O mapa foi elaborado a partir da base de dados do IBGE (1997), referência cartográfica o sistema de coordenadas geográficas (latitude e longitude) e como referência geodésica o *South Ameircan Datum* 1969 (SAD 69) no formato DXF, correspondendo às linhas da divisão municipal. (FIGURA 03)

O **mapa de rodovias** foi elaborado na escala de 1: 100 000, projeção UTM, baseado nos dados do GEOMINAS (1999). São cartografadas as rodovias principais federais e as vicinais. (FIGURA 04)

O **mapa de temperaturas médias** foi elaborado com dados do GEOMINAS para Minas Gerais. São cartografadas 5 classes de temperatura, de 19 a mais de 24 graus. (FIGURA 32)

O **mapa de precipitação média anual** foi elaborado com dados do GEOMINAS para Minas Gerais. São apresentadas cinco classes de precipitação. O Vale do Jequitinhonha apresenta espacialmente a menor quantidade de pluviosidade, somente aumentando para sul do Vale onde se encontra a Serra do Espinhaço, principal barreira orográfica, fazendo com que aumentem as precipitações nessa área. (FIGURA 33)

O **mapa de deficiências hídricas**, foi elaborado com dados do GEOMINAS para Minas Gerais, e apresenta a deficiência hídrica anual também para o vale do Jequitinhonha. Esse mapa representa cinco classes de deficiência, as quais apontam uma maior deficiência para o centro e ao extremo nordeste do Vale. (FIGURA 35)

O **mapa de excedentes hídricos anuais**, foi elaborado com dados do GEOMINAS para o estado de Minas Gerais, apresenta a deficiência hídrica anual para o vale do Jequitinhonha, representando cinco classes de deficiência, as quais apontam maior deficiência para o centro e ao extremo nordeste do Vale. (FIGURA 36)

O **mapa de vegetação natural**, formulado a partir dos dados do GEOMINAS para o estado de Minas Gerais apresenta as vegetações: de cerrado, na borda leste e sul do Vale, da caatinga, do centro ao norte do Vale e do campo rupestre, no sul do vale, região da serra do Espinhaço e a oeste do Vale. (FIGURA 39)

O **mapa altimétrico do Vale do Jequitinhonha** foi digitalizado em AutoCad em coordenada UTM, pela UFMG (1997). Ele apresenta as curvas de nível de 200 em 200 metros. As maiores altitudes estão na borda norte e sul do vale e as menores situadas a leste, na desembocadura do Rio Araçuaí. (FIGURA 38)

O **mapa da presença do efetivo bovino** do Vale do Jequitinhonha foi realizado com base nos dados dos Censos agropecuários de 1970, 1985 e 1996. Gerados no *software* IDRISI. As classes são em número de 4, divididas em baixa, média, alta e muito alta presença do efetivo bovino. (FIGURA 43)

O **mapa da presença das lavouras temporárias** em hectare do Vale do Jequitinhonha 1970, 1985 e 1996 é dividido em 4 classes de baixa, média, alta e muito alta. Mostra a espacialização dos dados de lavouras para o Vale. (FIGURA 42)

O **mapa da presença dos trabalhadores familiares** no Vale do Jequitinhonha para os anos 1970, 1985 e 1996 foi gerados no *software* IDRISI. As classes são em número de 4, divididas em baixa, média, alta e muito alta concentração. (FIGURA 44)

O **mapa da presença dos trabalhadores permanentes** no Vale do Jequitinhonha em 1970, 1985 e 1996 foi gerados no *software* IDRISI. As classes são em número de 4, divididas em baixa, média, alta e muito alta. (FIGURA 45)

O **mapa do Modelo Natural do Terreno** é visualizado em tons de cinza. A cor branca revela as maiores altitudes. Conforme os tons de cinza tornam-se mais escuros, as altitudes menores são representadas. As potencialidades dos Modelos Numéricos digitais do terreno são inúmeras, sendo as principais os dados por eles gerados, bem como as suas formas de manipulação. (FIGURA 29)

O **mapa de relevo sombreado** para a bacia do Araçuaí realça as qualidades visuais da paisagem, permite a distribuição espacial do relevo. Ele é gerado, simulando-se a posição do sol em azimute e altitude determinadas pelo usuário. Gera-se um mapa refletindo a luminosidade do sol, que é importante para análises das formas de relevo. Esse mapa foi produzido em ambiente IDRISI. (FIGURA 47)

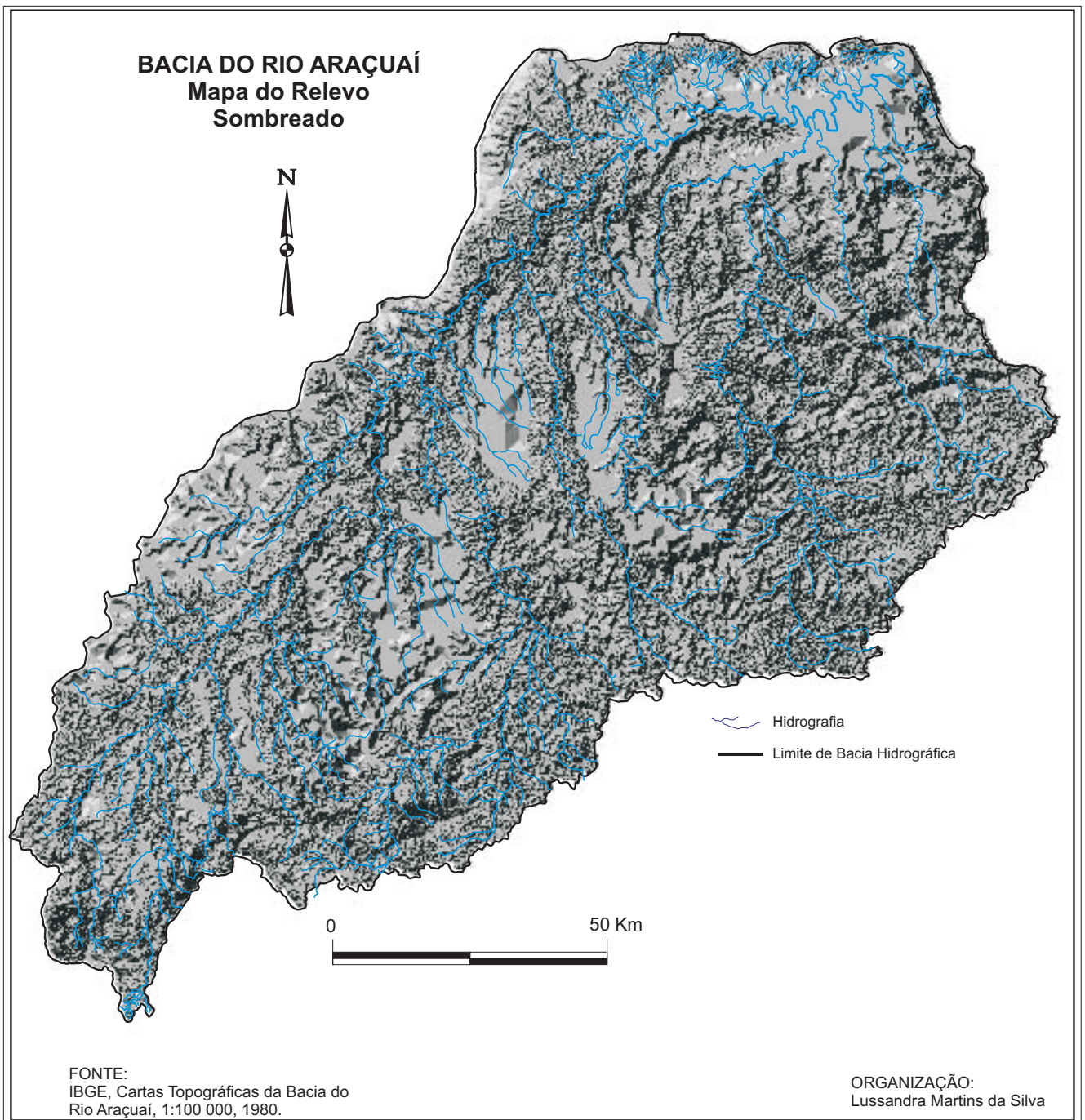


Figura 47 - Mapa do Relevo Sombreado da Bacia do Rio Araçuaí

O **mapa de declives** para a bacia do Araçuaí apresenta as classes e respectivas porcentagens. A região da bacia tem a maior parte de sua área em declividades acima de 20 %, ou seja, 60 % As menores declividades, < 2%, representam 748 km² as de 2 a 5% 1258 km², totalizando 18 % da área. **A escolha dessas classes para a declividade está de acordo com o propósito do trabalho, nela a identificação de área com relevo maior que 45%, onde ocorrem teoricamente as maiores perdas de solo.....(FIGURA 30)**

TABELA 5 –CLASSES DE DECLIVIDADE

CLASSES	ÁREA (km ²)	(%)
<2 %	748.7437645	7
2 – 5	1258.5489779	11
5 – 10	1869.6204757	17
10 – 20	3383.7454954	30
20 – 45	3363.3193137	30
> 45 %	646.8629762	6
Total	11270.8410034	100

Esse mapa foi gerado no *software Surfer* com classes de 200 em 200 metros.A grade criada foi pela interpolação *Kriging* com espaçamento de 1000 por 1000, gerando 174 linhas por 185 colunas.

O mapa de orientação de vertentes, produzido em 5 e 9 classes, para a bacia do Araçuaí foi gerado a partir do MNT. A maior parte da região apresenta vertentes orientadas para norte, 46% da área. (FIGURA 49 e 50)

TABELA 6 –CLASSES DE ORIENTAÇÃO DE VERTENTES

ORIENTAÇÃO	CLASSES	ÁREA (km²)	(%)
Norte	0° – 22.5°	6461.9528155	40
Nordeste	22.5° – 67.5°	1423.9983465	9
Leste	67.5° – 112.5°	1352.0222472	8
Sudeste	112.5° – 157.5°	1072.8702531	7
Sul	157.5° – 202.5°	1129.8391481	7
Sudoeste	202.5° – 247.5°	1137.8141996	7
Oeste	247.5° – 292.5°	1380.2795173	8
Noroeste	292.5° – 337.5°	1338.3178266	8
Norte	337.5° – 360°	971.7164779	6
	TOTAL	16268.8108318	100

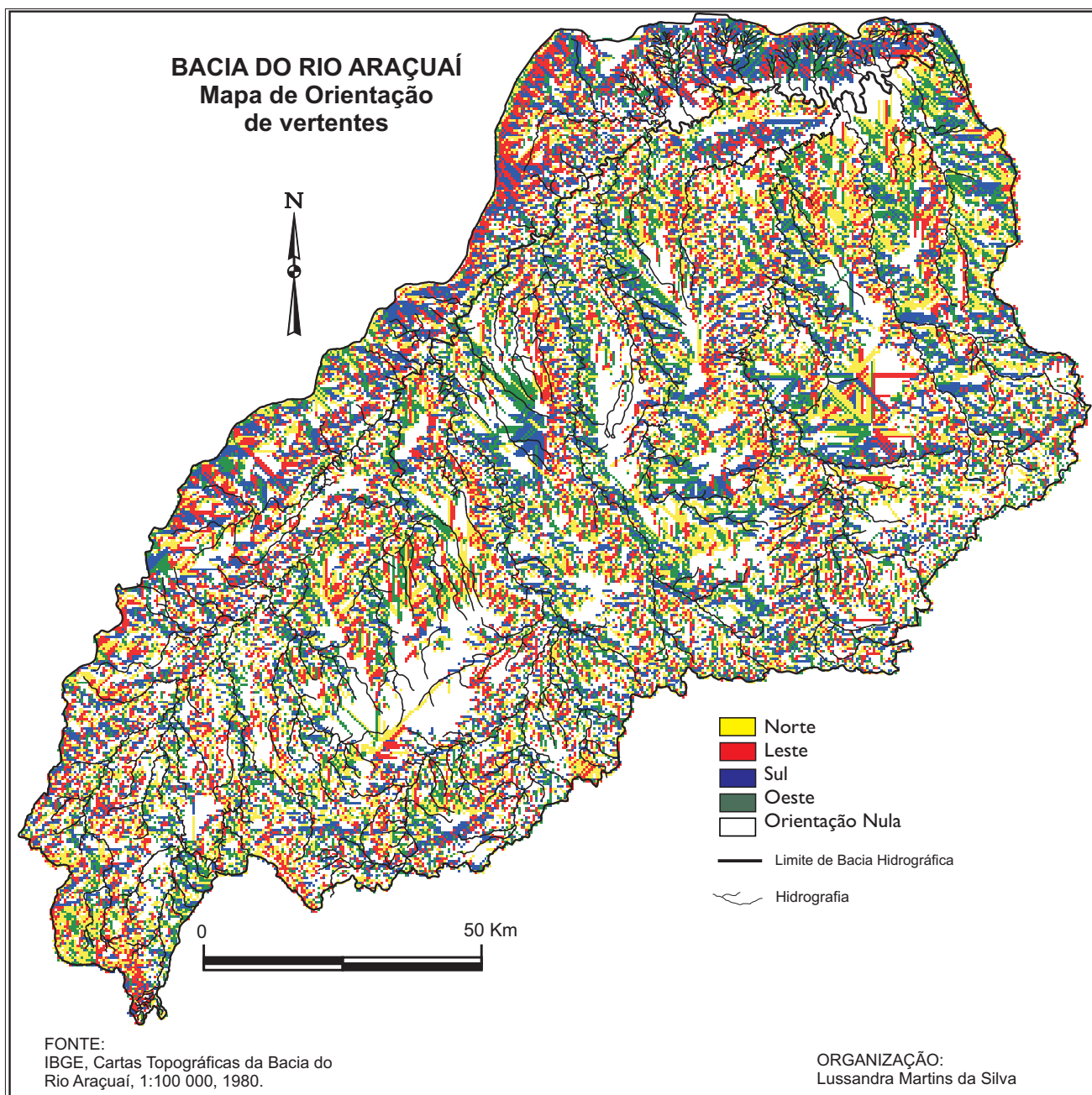


FIGURA 48 - Mapa de Orientação de Vertentes em 5 Classes da Bacia do Rio Araçuaí

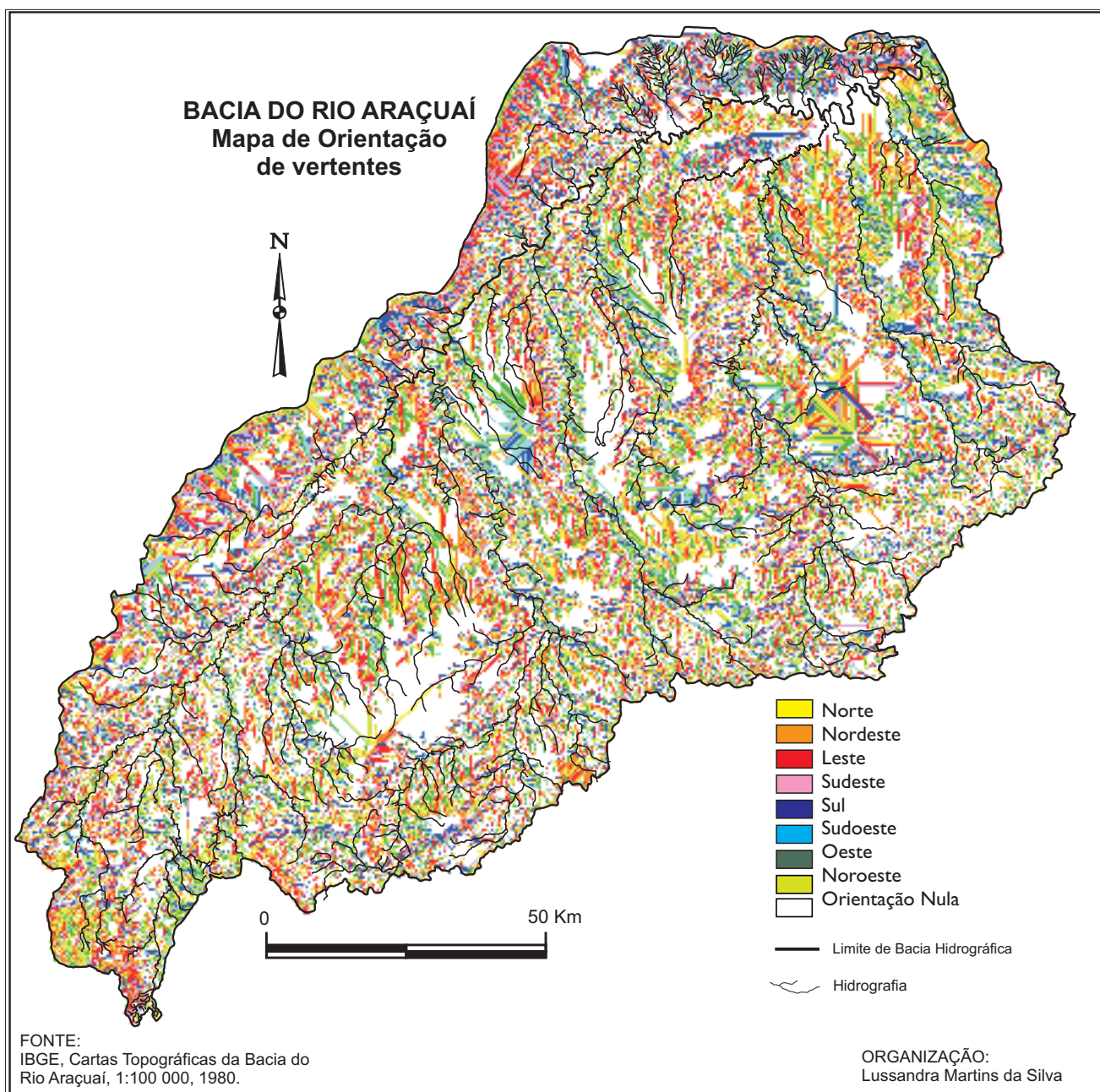


FIGURA 49 - Mapa de Orientação de Vertentes em 9 Classes da Bacia do Rio Araçuaí

O **mapa hipsométrico** da bacia do Araçuaí (Figura 50) foi gerado, para efeitos de apresentação, com classes de 200 em 200 metros. Nele percebe-se que as menores altitudes estão situadas a norte do Vale e as maiores no extremo sul do Vale.

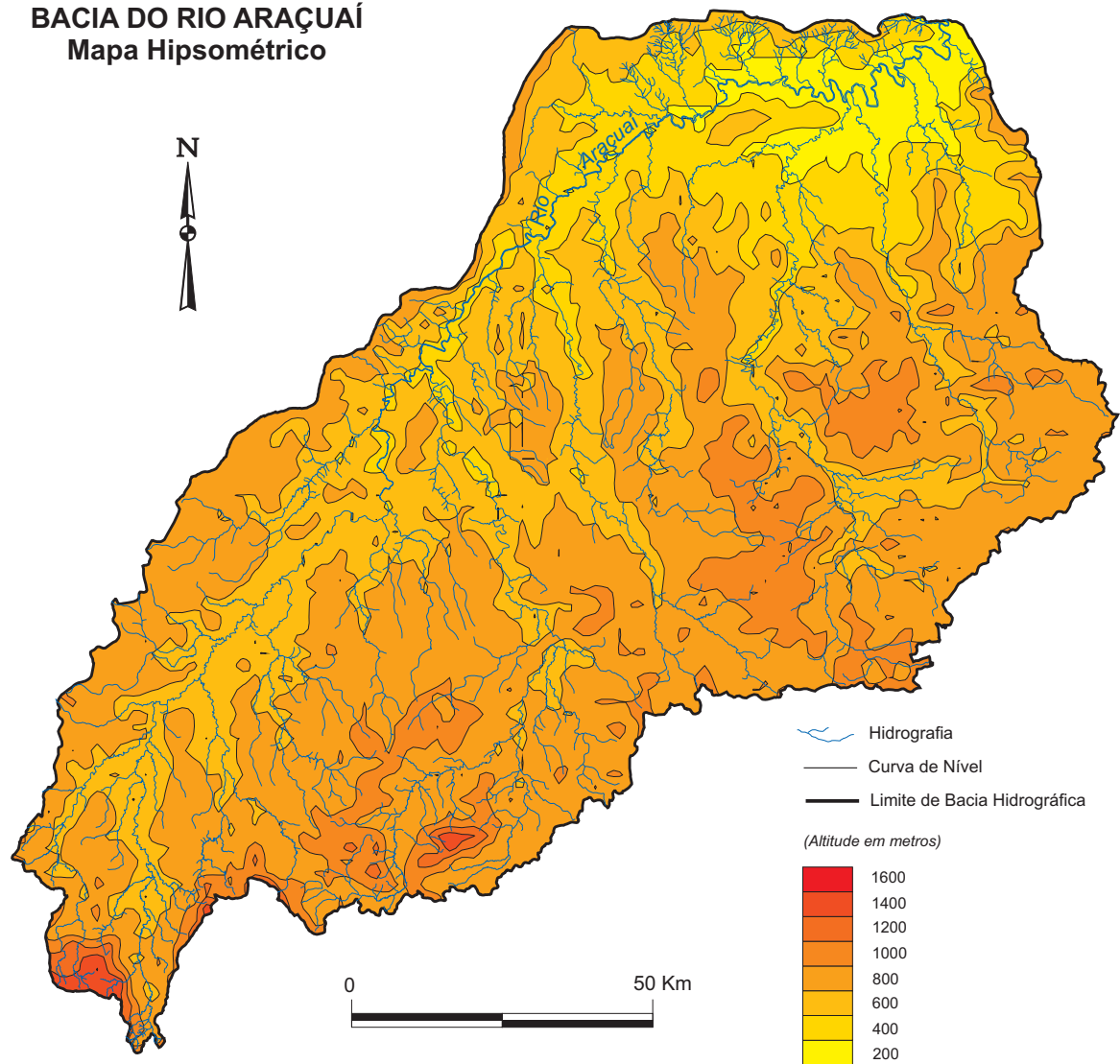
TABELA 7 – CLASSES DE HIPSOMETRIA

CLASSES	ÁREA (km²)	(%)
300 – 500 m	1395.3827122	8.58
500 – 650 m	1758.2045302	10.81
650 – 700 m	843.9342877	5.19
700 – 800 m	2865.7798861	17.62
800 – 900 m	4186.1508356	25.73
900 – 1200 m	5032.1418670	30.93
1200 – 1500 m	155.1051036	0.95
1500 - 1700 m	32.1188504	0.20
TOTAL	16 268.8180728	100

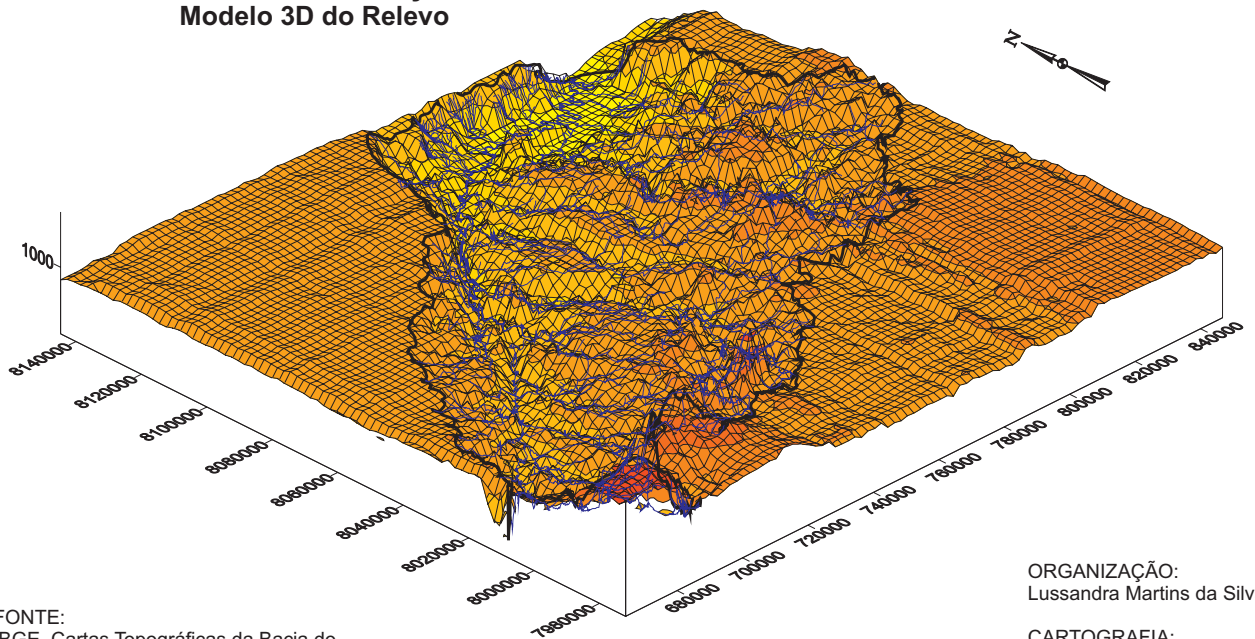
O **relevo em três dimensões** apresenta com grande exatidão a realidade espacial do relevo, revelando as chapadas típicas dessa região (FIGURA 51).

O **mapa hidrográfico** da Bacia do rio Araçuaí representa a densa rede de drenagem, incluindo também os rios intermitentes, analisados a partir do relevo e digitalizados. (FIGURA 05)

BACIA DO RIO ARAÇUAÍ Mapa Hipsométrico



BACIA DO RIO ARAÇUAÍ Modelo 3D do Relevo



FONTE:
IBGE, Cartas Topográficas da Bacia do Rio Araçuaí, 1:100 000, 1980.

ORGANIZAÇÃO:
Lussandra Martins da Silva
CARTOGRAFIA:
José Flávio Morais Castro

FIGURA 50 - MAPA HIPSOMÉTRICO E MODELO 3D DA BACIA DO RIO ARAÇUAÍ

O **mapa de uso do solo**, gerado pela classificação automática da imagem, tanto pela técnica por região (FIGURA 26) quanto por pixel (FIGURA 27) para a bacia do Araçuaí, mostra sete classes de uso, sendo afloramento, culturas diversas, drenagem, pastagem, reflorestamento, vegetação e área urbana. Nele pode-se observar que na Bacia do rio Araçuaí os maiores usos são a vegetação, que inclui todos os tipos desde mata ciliares, cerrados a campos de altitude (47.7%). Em seguida as pastagens com 23.99 %.

TABELA 8 – CLASSES DE USO DO SOLO CLASSIFICAÇÃO POR PIXEL

TIPOS DE USOS	ÁREA (km ²)	(%)
Vegetação	7760.417400	47.70
Pastagem	3902.926500	23.99
Reflorestamento	2286.522900	14.05
Área Urbana	1133.530200	6.97
Drenagem	201.914100	1.24
Afloramento	421.604100	2.59
Cultura	562.350600	3.46
Área total das classes e da bacia	16269.2658	100

Percebe-se que ocorre em maior quantidade a vegetação, depois pastagens e o reflorestamento. Esses usos indicam um pouco da dinâmica da bacia, que é estritamente rural, com áreas urbanas em pouca quantidade, com vegetação em grande quantidade, embora degradada em algumas regiões. A cultura do reflorestamento é forte atividade econômica da região.

O **mapa dos principais tipos de solo** é composto por 8 tipos. A região apresenta a maior área com podzólico vermelho escuro (27.6%) e com podzólico vermelho amarelo (26.9%). Os latossolos vermelho amarelo e os vermelho escuros representam 35.4% da área. (FIGURA 31)

TABELA 9 – PRINCIPAIS TIPOS DE SOLO

TIPOS DE SOLO	ÁREA EM KM²	(%)
Litossolo (Li)	881.140304	5.5
Latossolo Vermelho Amarelo (Lv1)	2877.539830	18.0
Latossolo Amarelo (Lv3)	100.870830	0.6
Latossolo Vermelho escuro (Le-2)	2788.697509	17.4
Cambissolo (Ce1)	223.213810	1.4
Afloramento (Afl)	415.337502	2.6
Podzólico Vermelho Escuro (Pv2)	4415.829122	27.6
Podzólico Vermelho Amarelo (Pv1)	4312.225887	26.9
TOTAL	16014.854794	100

Na bacia hidrográfica do rio Araçuaí a predominância é dos podzólicos vermelho amarelo e vermelho escuro. Esses solos estão localizados nas altitudes de 300 a 800 metros, nos relevos mais aplainados até as bordas das chapadas. Esse latossolos têm razoável resistência à erosão, o uso do solo que ai predomina e o das pastagens a norte, culturas, e reflorestamento. Os latossolos, presentes em grande quantidade na área, têm baixa fertilidade natural, razoável resistência à erosão. Estão situados nas grandes chapadas e em toda a borda sul da bacia. Apresentam sobre um relevo mais movimentado, a sul, e os usos predominantes são a vegetação e o reflorestamento. Os cambissolos ocorrem em solos com maior declive e via de regra estão localizados na Serra do Espinhaço na borda oeste da bacia. O tipo de uso predominante e o de vegetação de campo rupestre.

O mapa de PNE (FIGURA 51) que agrega os fatores da USLE é influenciado principalmente pela declividade e pelo tipo de solo preponderantes na bacia. Esse mapa, com classes de baixo, médio e alto potencial de erosão, salienta que as áreas mais suscetíveis ao processo erosivo estão nas bordas da chapada, que conciliam alta declividade com a maior erodibilidade dos solos. Essas áreas de instabilidade podem se agravar com o uso, sendo sua identificação relevante para o controle de erosão e a conservação do solo, para melhor produtividade das atividades agrícolas.

Em relação à medidas conservacionistas, evidencia-se que elas devem ser empregadas na área, principalmente para a minimização de processos erosivos, como os vistos nas imagens de satélite e confirmados pelo mapa que ocorrem principalmente nas áreas de ocupação de eucalipto e nas bordas das chapadas.

BACIA DO RIO ARAÇUAÍ
Mapa do Potencial Natural de Erosão

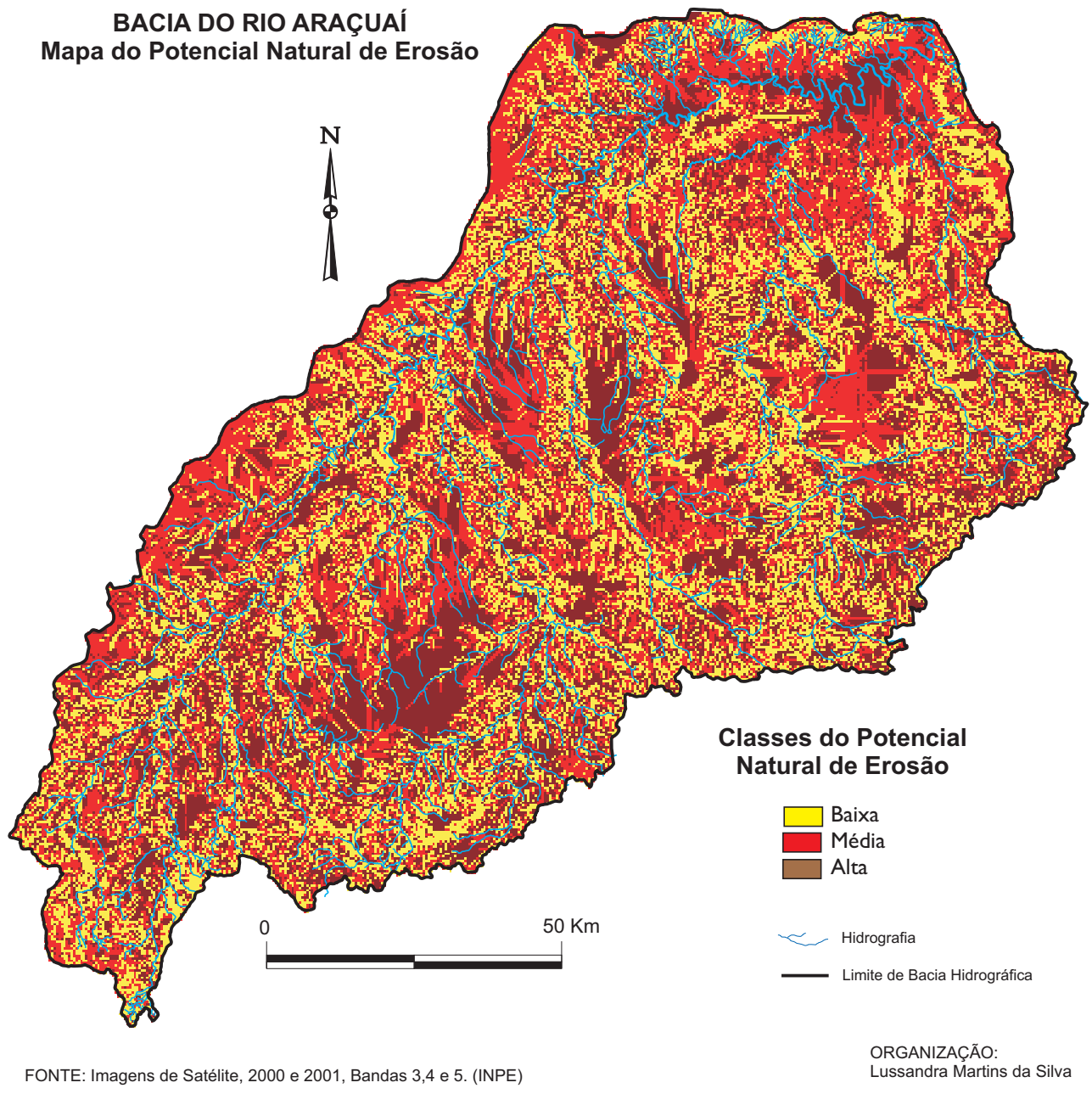


Figura 51 - Mapa do Potencial Natural de Erosão da Bacia do Rio Araçuaí

4.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos maiores problemas enfrentados por muitas regiões do mundo é a redução na qualidade de vida e de recursos devido à degradação ambiental. Uma das ações mais importantes para a recuperação do meio ambiente é a implementação de programas de gerenciamento de bacias hidrográficas, que podem ser feitos a partir de estudos que diagnosticam o ambiente com técnicas de geoprocessamento e de cartografia e que venham subsidiar o planejamento, o manejo sustentável e a conservação do solo para as áreas estudadas, método esse que se mostra satisfatório na espacialização dos fenômenos, principalmente dentro de uma bacia hidrográfica, como o utilizado neste trabalho.

Embasada na bibliografia citada, pode-se tecer alguns comentários sobre os caminhos da cartografia e do geoprocessamento, bem como sua contribuição, especialmente para a ciência geográfica, por considerar que é na cartografia que essas duas ciências, (pois o GIS já é considerado também uma ciência como dito no decorrer do trabalho), conseguem se consolidar teórica e metodologicamente.

A introdução do computador modificou e agilizou a forma de se pesquisar, culminando em novas formas de comunicar a pesquisa. Na cartografia, essas modificações se deram preferencialmente na produção dos mapas e na sua visualização por meio de sistemas de multimídia, que incorporam som, imagem, movimento, cor, texto, fotografia, etc.

A introdução da cartografia digital trouxe características importantes quanto à apresentação e produção dos mapas: facilidade de manusear e atualizar os dados pesquisados, agilizando o acompanhamento da dinâmica do fenômeno, facilidade de plotagem e de armazenamento dos dados em CD's ou DVD's, e custo menor do material, além do que, no formato digital, os dados são mantidos em uma forma

compacta. Outra mudança refere-se à disponibilização desse material na Internet, facilitando o acesso aos mapas pelos pesquisadores e público geral interessado.

A contraposição dessa cartografia em relação ao geoprocessamento reside na possibilidade de análise e síntese pela associação e operação entre o banco de dados alfanumérico e o cartográfico e pelas relações topológicas entre os atributos, proporcionada pelo segundo, o que significa a aplicação de análises espaciais entre eles. A vantagem aí reside na transformação da análise descritiva, da cartografia analógica, para o prognóstico, produzido pelo geoprocessamento através de cenários e simulações. Essa característica revela que algumas pesquisas, que lidam com muitas variáveis, como é o caso das pesquisas ambientais, podem ser realmente desenvolvidas em SIG, sendo muito difícil e limitada a aplicação da cartografia tradicional.

A desvantagem do SIG em relação à cartografia é relativa aos custos iniciais de implantação, pois os *softwares* e *hardwares*, têm altos preços. Também, é necessário que os técnicos e profissionais usuários dominem o computador e saibam usar os *softwares* de Geoprocessamento.

Os mapas produzidos pelo geoprocessamento e/ou cartografia digital têm muitas vezes que serem tratados pelo pesquisador para ficarem mais apresentáveis, uma vez que geralmente, os *softwares* de geoprocessamento não são estruturados para produzir mapas em conformidade com as preocupações da semiologia gráfica e da comunicação cartográfica. Esse processo tem que ser feito pelo pesquisador, manualmente, em *softwares* de desenho como o CorelDraw.

Quando se elege a bacia hidrográfica como unidade de análise e gerenciamento, tendo por base a teoria sistêmica, decorre uma situação em que se abrange uma enorme gama de fenômenos geográficos, implicando o uso do geoprocessamento para produção de análises geográficas e a comunicação cartográfica para a apresentação dos resultados.

Os resultados com relação à aplicação da metodologia USLE, para a obtenção do potencial de erosão que salientou que as áreas mais suscetíveis ao processo erosivo estão nas bordas das chapada, foram satisfatórios quando analisados do âmbito regional, proposta da dissertação. No entanto, é importante para futuros trabalhos em bacias dessa extensão utilizar dados de solo com maior número de classes, pois a amostragem da erodibilidade com maior precisão indicará valores de perda de erosão diferenciados dos que aqui foram encontrados. Com relação à aplicação de uma macro para obtenção do fator L (extensão de vertentes) para grandes áreas, ainda é um problema; na realidade o ideal é particionar a região em áreas com relevos homogêneos, fazer uma análise dos resultados e, posteriormente, uma regressão.

No entanto, é possível aplicar o geoprocessamento em grandes bacias, obtendo dados suficientes para análises regionais. Os problemas de trabalhos como esses relacionam-se principalmente com tempo de digitalização, de processamento das imagens e cruzamento de dados. Para que mapas de orientação de vertentes, por exemplo, não apresentassem distorções, seria necessário que se digitalizassem os pontos cotados, que minimizariam os problemas nos resultados, tanto do MNT, quanto no de orientação de vertentes.

De qualquer modo, mesmo que não se tivesse chegado ao cruzamento e integração do dados físicos aos sócio-econômicos para gerar um mapa da sustentabilidade, integração esta ainda a ser discutida e solucionada, dada a natureza diversa destes dados, buscou-se produzir o maior número possível de documentos cartográficos que pudessem servir de base para futuros estudos de sustentabilidade na Bacia do Araçuaí e que estarão disponíveis à sociedade e aos órgãos públicos da região a partir deste trabalho.

Diante do exposto, fica claro que, para se avançar nos estudos do meio ambiente, muito em voga atualmente, seja analisando-o sob a luz da teoria sistêmica, seja partindo-se de várias técnicas (parâmetros ecológicos, geomorfológicos ou

humanos) ou de uma metodologia que envolva tanto o social e o econômico, quanto o físico, é necessário refletir sobre os conceitos e as práticas a serem utilizadas na proposição da pesquisa, adequando-os aos dados disponíveis e aos objetivos do trabalho.

Por fim o uso do SIG para a compreensão do sistema de organização espacial e para sua incorporação no planejamento e no desenvolvimento sustentável (buscando as interações entre os sistemas ambientais, econômico e social) é excelente técnica. Porém fica como desafio para o futuro o desenvolvimento de metodologias para incorporar no banco de dados fatores do meio ambiente físico e social, indispensáveis a uma análise geográfica.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AANGEENBRUG, R. T. A critique of GIS. In: MAGUIRRE, D. J; GOODCHILD, M.F. RHIND, D. W. **Geographical Information Systems Principles and Application**. London: Longman, 1991. v. 1, cap. 8, p. 101-107.

ADAMS, W. M. Sustainable Development? In: JOHNSTON, *et al.* **Geographies of Global Change: Remapping the world in the late twentieth century**. 2 ed. Massachussets: Blackwell, 1996. cap. 21, p. 354-373.

AHLQVIST, T. A quest for polygon landscapes, or GIS and the condition of epistemology. **Fennia**, Helsinki. 2000. v. 178, n. 1. p. 97-111.

ARMSTRONG, M. P. Automated geography! **Professional Geographer**. v. 45, n. 4. p. 440-442.

ATKINSON, P. M. Geographical information science. **Progress in Physical Geography**. v. 21, n. 4, p. 573-582, 1997.

BAILEY, C. T. A review of statical spatial analysis in geographical information systems. In: FOTHERINGHAM, S; ROGERSON, P. **Spatial analysis and GIS**. London: Taylor, 1995. p. 13-44.

BARBOSA, C. C; CORDEIRO, J. P. CÂMARA, G; FREITAS, U. M. **Integração de Objetos e Campos Geográficos em uma Álgebra de Mapas**. 2001. Disponível em:< www.inpe.br > acesso em: 18 maio. 2001.

BERTALANFFY, L. V . An outline of general systems theory. **British Journal of Philosophical Science**, n. 1, p.134-165, 1950b.

BERTALANFFY, L. V . The theory of open systems in physics an biology. **Science**, v. 111, p. 23-29, 1950a.

BERTALANFFY, L. V. **Moderns Theories of Development: an introduction to theoretical biology**. London: Oxford University Press, 1933. 204 p.

BERTIN, J . **La graphique et le traitement graphique de l'information**. Paris: Flammarion, 1967b.

BERTIN, J. **Sémiologie graphique: les diagrammes, les réseaux, les cartes**. Paris: Mouton et Gauthiers-Villars, 1967a. 380 p.

BERTIN, J. The present and future cartography in France. In: RHIND, D. W. ; TAYLOR, D. R. F. **Cartography past, present and future**. New York: Elsevier, 1989. p. 51-54.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JÚNIOR, R. Equação de perdas de solo. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo**, Campinas. v. 21, p. 1-25, 1975.

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone, 1990.

BONHAM-CARTER, G. F. **Geographic information system for geoscientists: Modelling with GIS**. Ontario: Pergamon. v. 13, 398 p. 1994

BONIN, S. Novas perspectivas para o ensino da cartografia. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 2, n. 1, p. 73-87, jan. jun., 1982.

BONIN, S . Le développement de la graphique de 1967 à 1997. In: COLLOQUE "30 ANS DE SEMIOLOGIA GRAPHIQUE", 1., 1997, Paris. **Anais eletrônicos...** Paris, 1997. Disponível em: <www.cybergeopresse.fr/semiografa/semiogrf.htm> Acesso em: 18 mai. 2000.

BRANCO, M. L. G. C. A geografia e os sistemas de informação geográfica. **Revista Território**, v. 1, n. 2, p.77-91, 1997.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Gerenciamento de Bacia Hidrográfica**: Aspectos conceituais e metodológicos, Brasília, 1995. 170 p.

BUENO, G. T. **Origem e evolução das ilhas de areia lavada em interflúvios e suas relações com os compartimentos geomorfológicos (bacia do rio jáú-AM): uma história de desequilíbrios da cobertura pedológica**. 2001, v. 1. 153f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

BURROUGH, A. P. **Principles of Geographic information system for land resources assessment**. Oxford: Oxford University Press, 1986. 194 p.

BURROUGH, P. Whither GIS (as system and science)? **Computers, Environment and Urban Systems**. v. 24 p. 1-3, 2000.

BURROUGH, P.; McDONNEL, R. A. **Principles of Geographical information Systems: Spatial Information Systems and Geostatistics**. New York: Oxford, 1998. 333 p.

CÂMARA, G.; BARBOSA, C. C. F.; DAVIS, C.; FONSECA, F. **Fundamentos de Geoprocessamento**: Conceitos Básicos em Geoprocessamento. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Apostila. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.Br/spring/portugues/manuais.html>>. acesso em: 18 julho 2001.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V.; MEDEIROS, J. S. **Representações computacionais do espaço: Um diálogo entre a geografia e a ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2000. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/gilberto/artigos-nacionais.html>> Acesso em: dez 2000.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Mapas e suas representações computacionais. In: ASSAD, E.D.; SANO, E. E. (ed.) **Sistemas de Informações geográficas: Aplicações na Agricultura**. Brasília: EMBRAPA, 1998b. cap. 2, p. 13-29.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (ed.) **Sistemas de Informações geográficas: Aplicações na Agricultura**. Brasília: EMBRAPA, 1998a. cap. 1, p. 3-11.

CARDOSO, J. A. Construção de gráficos e linguagem visual. **História: Questões e Debates**, Curitiba, v. 5, n. 8, p. 37-58, jun. 1984.

CARTWRIGHT, W. Extending the mapa metaphor using web delivered multimedia. In: **International Geographical information Science**, 1999, v. 13, n.4. p. 335-353.

CASTRO, J. F. M. *et al.* Apresentação de uma carta topográfica utilizando recursos de multimídia. **Revista Geografia e Ensino**, Belo Horizonte. v. 6, n. 1, p. 73-76, mar. 1997.

CASTRO, J. F. M. A importância da cartografia nos estudos de bacias hidrográficas: In: SEMANA DE ESTUDOS GEOGRÁFICOS, 30, 2000, Rio Claro. **Anais....**: Rio Claro: UNESP, 2000b. Não paginado.

CASTRO, J. F. M. Análise comparativa entre informações morfométricas obtidas por métodos convencionais e por métodos digitais. **Geografia**, Rio Claro, v. 20, n. 2, p.115-133, out. 1995.

CASTRO, J. F. M. **Caracterização Espacial do Sul de Minas e “entorno” utilizando-se o modelo potencial e a análise de fluxos em sistemas digitais: uma proposta metodológica**. 2000. 157f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000a.

CASTRO, J. F. M. Apostila para material didático. Rio Claro: IGCE, UNESP, 1996. Não publicado

CHORLEY, R. J. Geomorphology and general systems theory. **U.S. Geol. Survey. Prof. Paper**, n. 500-B, p. 1-10, 1962.

CHORLEY, R. J; HAGGETT, P. **Modelos em geografia: Modelos físicos e de informação em geografia**. Livros técnicos e científicos S.A. e Ed. da USP. 1975, Rio de Janeiro. 259 p.

- CHORLEY, R. J; HAGGETT, P. **Networks Analysis in Geography**. Edward Arnold, London, 1969. 348 p.
- CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B. A. **Physical Geography: A Systems Approach**. Londres: Prentice Hall, 1971. 370 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed., São Paulo: Edgard. Blücher, 1980. 150 p.
- CHRISTOFOLETTI, A, A. Caracterização de indicadores geomorfológicos para a análise da sustentabilidade ambiental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOMORFOLOGIA, 1., 1996, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFMG. 1996. p. 31-33.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo: USP, 1979. 106 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236 p.
- COFFEY, W. J. **Geography: Towards a General Spatial Systems Approach**. New York: Methuen, 1981. 300 p.
- COPPOCK, J. T.; RHIND, D. W. The History of GIS. In: MAGUIRRE, D. J; GOODCHILD, M. F; RHIND, D. W. **Geographical Information Systems Principles and Application**. London: Longman, 1991. v. 1, Cap. 2, p. 21-41.
- CROMLEY, R. G. **Digital cartography**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1992. 317 p.
- CROMLEY, R. G. Automated Geography ten years later. **Professional Geographer**. v. 45, n. 4. p. 442-443. 1993.
- CUNHA, C. M. L. **Quantificação e mapeamento das perdas de solo por erosão com base na malha fundiária**. 1997. 152f. Dissertação (Mestrado em Geografia), - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1997.
- D'ÁLGE; J. C. L. **Manipulação de dados vetoriais: cartografia**. São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/spring/curso/aula07.pdf>>. Acesso em 15 junho 2001.
- DANTAS, J. R. Multimedia - the subject and the media. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 3., 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 1995. p. 138-149.

DAVIES, C; MEDYCKYJ-SCOTT, D. Introduction: the importance of human factors. In: HEARNSHAW, H. M; UNWIN (ed.). **Visualization in Geographical Information Systems**. Wiley: Chichester, 1996. 188 -192 p.

DE BIASI, M. Cartas de Declividade de Vertentes: Confecção e Utilização. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 21, p. 8-13, 1970.

DESMET, P. J. J.; G. GOVERS. A GIS - Procedure for Automatically Calculating the USLE LS-Factor On Topographically Complex Landscape Units. **Journal Of Soil and Water Conservation**, v. 51, n. 5, p. 427-433. 1996.

DiBIASE, D.; REEVES, C.; MACEACHREN, A. M. VON WYSS, M. KRYGIER, J. B.; SLOAN, J. L.; DETWEILER, C. Multivariate display of geographic data: Application. In: MACEACHREN, A. M; TAYLOR, D. R. F (Ed.). **Visualization in modern cartography**. New York: Elsevier, 1994. v. 2, p.13-26.

DINIZ, H. N.; PEREIRA, P. R. B.; GUTJAHR, M.R.; MENEGASSE, L. N.; OLIVEIRA, F. R.; DUARTE, U. Geologia, climatologia e hidrologia da bacia do rio Araçuaí, estado de Minas Gerais – Brasil. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 8, 2001, Santiago de Chile. **Anais...** Santiago de Chile: Universidad de Chile. 2001. 1 Cd-Rom.

DOBSON, J. E . 1993. The Geographic Revolution: A Retrospective on the Age of Automated Geography. **Professional Geographer** v. 45, p. 431-439.

DOBSON, J. E. 1983. Automated Geography. **Professional Geographer** v.35, p.135-143.

DONZELI, P. L.; VALÉRIO FILHO, M.; PINTO, S. A. F.; NOGUEIRA, F. P.; ROTTA, C. L.; LOMBARDI NETO, F. Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao diagnóstico básico para planejamento e monitoramento de microbacias hidrográficas. **Documentos IAC**, Campinas, n. 29, p. 91-119, 1992.

FERREIRA, M. C. Mapeamento de unidades de paisagem em sistemas de informação geográfica: alguns pressupostos fundamentais. **Geografia**, Rio Claro, v. 22, n. 1, p. 23-35, abril 1997.

FERREIRA, M. C. Material didático, não publicado, 2000a.

FERREIRA, M. C. Notas de aula, 2000b.

FRANCISCO, F. C. Agricultura e meio ambiente: um estudo sobre a sustentabilidade ambiental de sistemas agrícolas na região de Ribeirão Preto (SP). 1996. 341f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1996.

FRAPPIER, J; WILLIAMS, D. An Overview of the National Atlas of Canada. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE CARTOGRAFIA, 19, 1999, Ottawa. **Anais...**, Ottawa: ICA, 1999.

FREIRE, O. Uso Agrícola do Solo: Impactos Ambientais, Perspectivas e Soluções. In: TAUK-TORNISIELO, S. M.; GOBBI, N.; FORESTI, C.; LIMA, S. T. **ANÁLISE AMBIENTAL: Estratégias e ações**. São Paulo: T.A. QUEIROZ/FUNDAÇÃO SALIM FARAH MALUF; Rio Claro: Centro de Estudos Ambientais, UNESP, 1995. cap 7.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS (CETEC). **Seleção de locais à construção de Barragens no Vale do Jequitinhonha**. Belo Horizonte, 1982a. Relatório Inédito.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS (CETEC). **Diagnóstico Ambiental do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 1983. p. 29-30. Série Publicações Técnicas.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS (CETEC). Reconhecimento Geomorfológico e Geológico para a seleção de locais favoráveis à construção de pequenas barragens no Vale do Jequitinhonha- MG. **Informe Técnico**. v. 4, n. 1, agosto. 1982b.

GEOMINAS. Zoneamento agroclimático do Estado de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.geominas.mg.gov.br>>. Acesso em 10 de maio de 2000.

GEOMINAS. Mapa de solos do Estado de Minas Gerais. Disponível em: <http://www.geominas.mg.gov.br/dit_desktop/kit3/paginas/mapas/solo.html>. Amaral, F.C. (1993) Acesso em 10 de maio de 2001.

GAHEGAN, M. Four barriers to the development of effective exploratory visualisation tools for the geosciences. In: **International Geographical information Science**, 1999, v. 13, n.4.p. 289-309.

GERARDI, L. O. H.; SANCHEZ, M. C. Estimativas de áreas em documentos cartográficos: Uma abordagem quantitativa. **Geociências**, São Paulo, n. 7, p. 274-277, 1988.

GERARDI, L. O. H.; SILVA, B. C. N. **Quantificação em Geografia**. São Paulo: Difel, 1981. 161 p.

GESCH, D. B.; NAGLE, B. I. An analysis of the utility of Landsat thematic mapper data and digital elevation model data for predicting soil erosion. In: **Machine Processing of Remotely Sensed Data**, Purdue, 1984.

GIOMETTI, A. B. R. **Diagnóstico e Prognóstico Ambiental como Subsídio para a Gestão da Bacia do Ribeirão dos Pinheirinhos ou da Cachoeira-S.P.** 1998.

341f. Tese (Doutorado em Geografia).- Instituto de Geociências, e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1998.

GOODCHILD, M. F. Geographical information science. **International Journal geographical information system**, v. 6, n. 1, p. 31-45, 1992.

GOODCHILD, M. F. Ten years ahead: Dobson's Automated Geography in 1993. **Professional Geographer**. v. 45, n. 4. p. 444-446.

GUERRA. A. T.; GUERRA. A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997. 652 p.

GUIMARÃES, A. PASSOS . **A crise agrária**. 2. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1982. 362 p.

GLOSSÁRIO de Ecologia. 2. ed. São Paulo: Academia de ciências, 1997. 352 p. (ACIESP, n. 103).

GUSMÁN, E. S. Origem, evolução e perspectivas do desenvolvimento sustentável. In: ALMEIDA, J. & NAVARRO, Z.(Org.). **Reconstruindo a Agricultura; Idéias e Ideais na perspectiva do Desenvolvimento Sustentável**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1997. p. 19-32.

HAINING, R. Designing spatial data analysis modules for geographical information systems. In: FOTHERINGHAM; S. ROGERSON; P. **Spatial analysis and GIS**. London: Taylor, 1995, p. 13-44.

HEARNSHAW, H. M; UNWIN, D. J. **Visualization in Geographical Information Systems**. Wiley: Chichester, 1996. 241 p.

HERRERO, L. J. **Economy-Ecology, Environment-Development**: Integration and Synthesis in the Paradigm of Sustainable Development and Global Change. 1994. Tese (Doutorado) Faculty of Economics and Business Studies. Computense University of Madri, 1994. Disponível em: <www.uvic.es./unesco/2.htm> Acesso em: fev. 1999.

HERZ, R. A cartografia Ambiental, In: SOUZA, M.A. **O novo mapa do mundo: Natureza e sociedade de hoje, uma leitura geográfica**. 3. São Paulo: HUCITEC, 1997. p. 227-231.

INPE. São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Apostilas de aula – Registro de Imagem. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/spring/curso/aula03/.pdf>>. Acesso em 15 junho 2001a.

INPE. São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Apostilas de aula – Classificação. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/spring/curso/aula05/.pdf>>. Acesso em 15 junho 2001b.

INPE. São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Apostilas de aula – Modelagem Numérica. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/spring/curso/aula08/.pdf>>. Acesso em 15 junho 2001c.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. (INMET) 5º Distrito de Meteorologia (DISME).Ministério da Agricultura e do Abastecimento. 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário de Minas Gerais**, 1970. Rio de Janeiro: IBGE, 1970. 613 p., v. 3, t. 14, pt. 1.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário de Minas Gerais**, 1985, Rio de Janeiro. IBGE,1985. 856 p., n. 18, pt. 1.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário de Minas Gerais**, 1995/96. Rio de Janeiro, IBGE,1998a. 421 p., n. 16.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico de Minas Gerais**,1970. Rio de Janeiro, IBGE, 1970. 676 p., v.1, t. 14, pt. 3.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico de Minas Gerais**, 1980. Rio de Janeiro, IBGE,1980. 747 p., v.1, t. 4, n. 16.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico de Minas Gerais**, 1991. Rio de Janeiro, IBGE, 1991. 1037 p., n 18.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Contagem da população: 1996**, Rio de Janeiro, Ministério do Planejamento e Orçamento, 1997. 1 CD Rom.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sinopse preliminar do censo 2000**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: agosto 2001.

IBGE. **Cartas Topográficas do Jequitinhonha**.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Subsídios ao zoneamento ecológico-econômico da bacia do rio Itapecuru – MA**: Diretrizes para ordenação territorial. Estudos e pesquisas em Geociências, Rio de Janeiro, 1998b. v. 5.

INSTITUTO DE PESQUISAS TÉCNOLÓGICAS. **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo (Bacia do Peixe – Paranapanema)**. São Paulo, 1986.

KEATES, J. S. **Understanding Maps**. London: Longman, 1982.

KRAAK, M. *et al.* Visualization for exploration of spatial data. **Int. J. Geographical Information science**, 1999, vol. 13. n. 4, p. 285-287.

LAGES, V. N. Agricultura Familiar e Desenvolvimento Sustentável: Questões para o Debate. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA, 14, 1998, Presidente Prudente. **Mesas Redondas...Presidente Prudente**: UNESP/FAPESP, 1998. p.

LE SANN, J. G. Documento gráfico: considerações gerais. **Revista Geografia e Ensino**, Belo Horizonte, v. 1, n. 3, p. 3-17, mar. 1983.

LOMBARDI NETO, F; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da Chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). Campinas, **Bragantia**, 1992. Cap. VIII – Conservação do Solo. v. 51 n. 2, p. 189-96 .

MacEACHREN, A. M. WACHOWICZ, R. E. EDSALL, R; HAUG; D. Constructing knowledge from multivariate spatio-temporal data: integrating geographical visualization with knowledge discovery in database methods. **Int. J. Geographical Information science**, 1999, vol. 13. n. 4, p. 311-334.

MacEACHREN, A. M Visualization in Modern Cartography: Setting the Agenda. In: MACEACHREN, A. M; TAYLOR, D. R. F (Ed.). **Visualization in modern cartography**. New York: Elsevier,1994. v. 2, p.1-12.

MAGUIRRE, D. J. An overview and definition of GIS. In: MAGUIRRE, D. J; GOODCHILD, M.F.; RHIND, D. W. **Geographical Information Systems Principles and Application**. London: Longman, 1991, v. 1, cap. 1, p. 9-20.

MANTELLI, J.; SANCHEZ, M. C. Técnicas cartográficas em geografia. **Revista Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, n. 4, p. 7-68, dez. 1990.

MARBLE, D. ; PEUQUET, D. The computer and Geography: Ten years later. **Professional Geographer**. v. 45, n. 4. p. 446-448. 1993

MARTINELLI, M. A. A Cartografia da geografia Física: Algumas reflexões. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 5, 1993, São Paulo, **Anais...** São Paulo: AGB, 1993. p. 315-319.

MARTINELLI, M. A. A representação cartográfica do mundo e dos lugares. In: SANTOS, M. et. al. **O novo mapa do mundo**: problemas geográficos de um mundo novo. São Paulo: Hucitec, 1995. p. 321-323.

MARTINELLI, M. A. Cartografia Ambiental: que cartografia é essa? In: SOUZA, M. A. *et al.* **O novo mapa do mundo**: natureza e sociedade , uma leitura geográfica. 3. Ed. São Paulo, 1997, p. 232 - 234.

MARTINELLI, M. A. Cartografia Ambiental: Uma cartografia diferente? **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 7, p. 61-80, 1994.

MATHER, P. M. **Computer applications in Geography**. Wilts: Wiley, 1994. 257 p.

MEDYCKYJ-SCOTT, D. BOARD, C. Cognitive Cartography: a new heart for a lost soul. In: MULLER, J.C. (Ed.) **Advances in Cartography**. New York: Elsevier, 1991. p. 201-230.

MINAS GERAIS, Comissão de Desenvolvimento do Vale do Jequitinhonha (CODEVALE). **Os setores básicos da atividade humana: Pré-diagnóstico do Vale do Jequitinhonha**. Belo Horizonte, 1960. v.2. 180 p.

MINAS GERAIS, Fundação João Pinheiro. Secretaria de Planejamento (SEPLAM). **Vale do Jequitinhonha (Diagnóstico Preliminar)**. Belo Horizonte, 1975. v.1. (sem paginação)

MINAS GERAIS. Secretaria da Agricultura. **Altas Climatológico do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 1982.

MONMONIER, M. S. Strategies for the visualization of geographic time-series data. **Cartographica**, 1990. v. 21, n.1, p. 30-45.

MONMONIER, M. What a friend we have in GIS. **Professional Geographer**, Cambridge. v. 45 n. 4. 1993. p. 448-450.

MORETTI, E. *et al.* Técnicas digitais para mapeamento da declividade e orientação de vertentes baseados no uso de sistemas de informação geográfica. **Boletim de Geografia Teórica**, Rio Claro, v. 19, n. 37/38, p. 29-52, 1989.

MORETTI, E; TEIXEIRA, A. L. A. Transformação de modelos digitais de elevação através de técnicas manuais de coleta de dados. **Geografia**, Rio Claro, v. 16, n. 1, p. 141-152, abril. 1991.

MOURA, A. C. M. O papel da cartografia nas análises urbanas; tendências no urbanismo pós-moderno. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Belo Horizonte, n. 2, p. 41-73, ago. 1993b.

MOURA, A. C. M. Tendências recentes nos estudos urbanos e o papel da cartografia temática. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 23-25, abr. 1993a.

MOURA, M. M. Estudo da pequena propriedade numa área de Minas Gerais. O Jequitinhonha: uma tentativa de abordagem histórica. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n. 71, p. 3-42. 1993.

MORRISON, J. The revolution in Cartography in the 1980s. In: RHIND, D. W. ; TAYLOR, D. R. F. **Cartography past, present and future**. New York: Elsevier, 1989. p.169-185.

MÜLLER, J. C. Prospects for and Impediments Against a new cartography in the 1990s. In: MÜLLER, J.C. (Ed.) **Advances in Cartography**. New York: Elsevier, 1991. p. 1-15.

NASCIMENTO, M. A. L. S. Bacia do Rio João Leite: **Influência das condições ambientais naturais e antrópicas na perda de terra por erosão laminar**. 1998, 176f. Tese (Doutorado em Geografia) –Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1998.

NEUMANN, A; RICHARD, D. Internet Atlas of Switzerland – New Developments and improvements. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE CARTOGRAFIA, 19, 1999, Ottawa. **Anais...**, Ottawa: ICA/ACI, 1999.

NICHOLAS,T; McCOLL, J. Maps of soil erosion potential: an aid in land use planning in range and wild lands. **Califórnia Agriculture**, Berkelei, v. 30, n. 3, p. 12-14, 1976.

NIMER, E; BRANDÃO, A. M. P. M. **Balanço Hídrico e Clima do Cerrado**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 152 p.

OKSANEN, J. *et al.* Computing and visualizing morphologically sound DEMs in a Raster Environment. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE CARTOGRAFIA, 19, 1999, Ottawa. **Anais...**, Ottawa: ICA/ACI, 1999.

OLIVEIRA, A. M. M. de. Análise da dinâmica do Uso da Terra: **O estudo da bacia hidrográfica do Ribeirão São João**. 2000. 127f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

OLIVEIRA, M. T. *et al.* Modelagem Preliminar de dados físico-bióticos e sócio-econômicos na geração do mapa síntese de subsídio à gestão do Estado de Minas Gerais. In: GISBRASIL 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: FatorGis, 2000. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, R. M. As origens do saber cartográfico. In: SANTOS, M *et al.* **O novo mapa do mundo: problemas geográficos de um mundo novo**. São Paulo: Hucitec, 1995, p. 324 – 337.

OPENSHAW, S. 1991. A View on the GIS Crisis in Geography, or Using GIS to put Humpty-Dumpty Back Together Again. **Environment and Planning A**. v . 23, p. 621-628.

PABLO, C. L.; SAL GOMES, A.; PINEDA, F. D. Elaboration automatique d'une cartographie ecologique et son evaluation avec des parametres de la theorie de l'information. **L'espace géographique**, n. 2, p. 115-128, 1987.

PRADO JR., C. **História econômica do Brasil**. 14^a edição. São Paulo: Ed. Brasiliense, 1971.354 p.

PAPP-VÁRY. The science of Cartography. In: RHIND, D. W. ; TAYLOR, D. R. F. **Cartography past, present and future**. New York: Elsevier, 1989. p.103-110.

PEREIRA, P. R. B.; DINIZ, H. N.; GUTJAHR, M. R.; MENEGASSE, L. N.; OLIVEIRA, F. R.; DUARTE, U. O zoneamento climático na bacia do rio Jequitinhonha, estado de Minas Gerais, Brasil. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 8, 2001, Santiago de Chile. **Anais...** Santiago de Chile: Universidad de Chile. 2001. 1 Cd-Rom.

PETCHENIK, B. B. Cognition in Cartography. **Proceeding of the symposium on computer assisted cartography**, 1975. p. 93-183.

PETERSON, M. P. Cognitive Issues in Cartographic Visualization. . In: MACEACHREN, A. M; TAYLOR, D. R. F (Ed.). **Visualization in modern cartography**. New York: Elsevier, 1994. v. 2, p .27-43.

PETERSON, M. Active legends for interactive cartographic animations. **Int. J. Geographical Information science**, 1999, vol. 13. n. 4, p.375-383.

PEUQUET, D. J. It's about time: A conceptual framework for the representation of temporal dynamics in geographic information systems. **Annals of association of American Geographers**, v. 84, n. 3, 1994a, p. 441-461.

PEUQUET, D. J. Methods for structuring digital cartographic data in a personal computer. Environment. In: Taylor, D.R.F. **Geographic Information Systems**. The microcomputer and modern cartography. New York: Pergamon, 1994. p. 67-98.

PINA, M. F; CRUZ, M. C. **Atlas geográfico do Brasil**: Utilização de Técnicas de Geoprocessamento no Desenvolvimento de CD-ROM Multimídia com fins didáticos. Disponível em: <www.fatorgis.com.br/artigos/ensino/atlas/atlas.htm > Acesso em: 18 nov. 1999.

PINTO, S. A. F. **Sensoriamento remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão dos solos**: Contribuição metodológica. 1991. 157f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1991.

PINTO, S. A. F. **Utilização de técnicas de sensoriamento remoto para a caracterização de erosão do solo no SW do Estado de São Paulo**. 1983. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1983.

PROCHNOW, M. C. R. **Análise Ambiental da sub-bacia do Rio Piracicaba:** Subsídios ao Planejamento e manejo. 1990, 330f. Tese (Doutorado em Geografia), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1990.

PROCESSAMENTO DE DADOS DE MINAS GERAIS. <http://www.prodemge.pbh.br>

RANIERE, S. B. L. **Avaliação de métodos e escalas de trabalho para determinação de risco de erosão em bacia hidrográfica utilizando sistema de informações geográficas (SIG).** 1996. Dissertação (Mestrado) Pós Graduação em Agronomia), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1996.

REDCLIFT, M. Sustainable Development: Economics and the Environment. In: REDCLIFT, M; SAGE, C. **Strategies for sustainable development: local agendas for the southern hemisphere.** Chichester: Wiley, 1994. cap. 2, p. 17-34.

REDCLIFT, M. Environmental Competition: A Global Perspective. In: SHIKI, S. *et al.* **Agricultura, Meio Ambiente e Sustentabilidade do Cerrado Brasileiro.** Uberlândia: UFU, UNICAMP, EMBRAPA, 1997. p. 13-24.

REDCLIFT, M. **Sustainable Development:** Exploring the contradictions. Routledge, London. 1995. 195 p.

RHODE, G. M. Mudanças de paradigma e desenvolvimento sustentado. In: CAVALCANTI, C. (Org.) **Desenvolvimento e Natureza:** Estudos para uma sociedade sustentável. São Paulo: Cortez, 1995. p. 29-40.

RIBEIRO, A. G *et al.* O Papel dos Recursos Hídricos na Sustentabilidade do Sistema Agroalimentar no Domínio dos Cerrados do Brasil Central. In: SHIKI, S. *et al.* **Agricultura, Meio Ambiente e Sustentabilidade do Cerrado Brasileiro.** Uberlândia: UFU; UNICAMP, EMBRAPA, 1997. p. 267-307.

RIBEIRO, A. GIACOMINI. O diagnóstico sócio-econômico-ecológico como base para o zoneamento ambiental. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 8, 2001, Santiago de Chile. **Anais...** Santiago de Chile: Universidad de Chile. 2001. 1 Cd-Rom.

ROBINSON, A. H. SALE; R. D. MORRISON; J. L. MUEHRCKE; P. C. **Elements of Cartography,** New York: Jonh Wiley & Sons, 1984. 5 ed.

ROBINSON, A. H. **The look of maps:** An examination of cartographic design. Madison: University of Winconsin Press, 1952.

ROBINSON, A. H; PETCHENIK, B. B. **The nature of maps:** Essays Towards understanding maps and mapping. London: University of Chicago Press, 1976.

ROSA, M. R; ROSS, J. L. Aplicação de SIG na geração de cartas de fragilidade. **Revista do Departamento de Geografia,** São Paulo, n. 13, p. 77-105. 1999.

ROSIER, F. A. Nota de agradecimento, **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 44, set. 1981.

ROSS, J. L. S.; DEL PRETTE, M. E. Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, n. 12, p. 89-121, 1998.

RUSSO, E. H. R. **Desenvolvimento de um programa computacional interativo: Satélites, espaçonaves e foguetes** - por meio de recursos de multimídia. 1999. 84 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.

RUSSO, E. H.; GARCIA, G. Estudo comparativo entre aplicativos computacionais na elaboração de MNT's – Modelos Numéricos do Terreno. **Boletim de Geografia Teórica**, Rio Claro, v. 24, n. 47/48, p. 99-109, 1994.

SACHS, I. **Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir**. Tradução de E. Araújo. São Paulo: Vértice, 1986. 208p.

SALICHTCHEV, K. A. Cartographic communication: its place in the theory of science. **The Canadian Cartographer**, v. 15, n. 2, p. 93-100, 1978.

SANCHEZ, M. C. A cartografia como técnica auxiliar na geografia. **Boletim de Geografia Teórica**, Rio Claro, v. 3, n. 6, p. 31-46, 1973.

SANCHEZ, M.C. A propósito das Cartas de declividade. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 5, 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: AGB, 1993. p. 311-314.

SÁNCHEZ, R. O; SILVA, T. C. Zoneamento ambiental: uma estratégia de ordenamento da paisagem. **Cadernos de Geociências**, Rio de Janeiro, n. 14, p. 47-53. abr./jun. 1995.

SANTOS, M. D. S. A representação gráfica da informação geográfica. **Geografia**, Rio Claro, v. 12, n. 23, p. 1-13, abril 1987.

SANTOS, M. D. S. Procedimentos metodológicos a propósito da construção de material didático-pedagógico, construído por mensagens cartográficas: estudo da informação "As experiências de integração econômica na Europa ocidental". In: SANTOS, M. (Org.) **O novo mapa do mundo: Problemas geográficos de um novo mundo**, São Paulo: Hucitec, 1995, p. 307-318.

SÃO PAULO: Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Pontal do Paranapanema**. São Paulo, 1999.110 p.

SCOPEL, I. **Avaliação da erosão com auxílio de técnicas de sensoriamento remoto e da equação universal de perdas de solo a nordeste de Cornélio**

Procópio (PR).1988. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1988.

SEELHORST, B. Atlas Ambiental digital e modelo hidrológico da Bacia hidrográfica do Rio Pirajussara/ São Paulo. In: FÓRUM DE DEBATES: Ecologia da Paisagem e Planejamento Ambiental, 1., 2000, Rio Claro. 2000. 1 CD-ROM.

SEGOVIA, R. M. **A Matriz de Recursos Hídricos. Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal.** (SRH-MMA)/IICA 1997.

SENATSWERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELTSCHUTZ. Berlin: Umweltatlas Berlin, 1993.

SILVA, B. C. N. ; SILVA, S. B. M. Lições do GIS Brasil 99 ou o sistema de informações geográficas e a geografia. **Geonordeste**, Bahia, v. 9, n. 1,. out. 1999.

SILVA, A. B. **Sistema de Informações Geo-referenciadas: Conceitos e Fundamentos.** Campinas: UNICAMP, 1999. 236 p.

SILVA, A. M. DA. ; SCHULZ, H. E. **Estimativa e Análise do Fator Topográfico (LS) da Equação Universal de Perda de Solo Feito com o Uso de Aplicativo Informatizado Compatível com Software De Geoprocessamento.** 7 p. Disponível em: <<http://fatorgis.com.br/artigos/gis/artigos/gis.htm>>. Acesso em: 02 fev. 2001.

SILVA, J. X. A pesquisa ambiental no Brasil: uma visão crítica. **Cadernos de Geociências**, Rio de Janeiro, n. 14, p. 15-27. Abr. /jun. 1995.

SILVA, J. X. Geoprocessamento e análise ambiental. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 54, n. 3, p. 47-61, jul./set. 1992.

SIMÃO, A. J. V; CARVALHO, M. M. R. **Aplicação de Modelos Digitais de Terreno ao Estudo Físico do Território.** 1999. p. 1-13. Disponível em: <<http://www.fatorgis.com.br/artigos/artigos.htm>> Acesso em: 02 fev. 2001.

SKROCH, L. S. D; CINTRA, J. C. Desenvolvimento de Atlas Eletrônico: Potencialidades de Mapobjects 2.0. In: GISBRASIL 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: FatorGis, 2000. 1 CD-ROM.

SOTCHAVA, V. B. O Estudo de Geossistemas. **Métodos em Questão**, São Paulo, n. 1, p. 1-51. 1977.

SOUSSAN, J. G. Sustainable Development. In: MANNION, A.M. *et al.* **Environmental Issues in the 1990's.** England: John Wiley, 1995. cap. 2, p. 21-36.

SOUZA, M. E. **Utilização de um sistema de informação geográfica para análise integrada entre declividade, solo e vegetação: uma caracterização preliminar de unidades ecológicas no Parque Nacional da Serra da Canastra.** 1003. 55f. Monografia (Estágio supervisionado e trabalho de Graduação) – Curso de Geografia, Rio Claro, 1993.

STRAHLER, A. N. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. **Transactions of American Geophysics**, v. 38, p. 913-920, 1957.

STRHALER, A. H.; STRAHLER, A. N. **Modern physical geography.** New York: Johnyork, 1978. 502 p.

TEIXEIRA, A. L.; CHRISTOFOLETTI, A. **Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica.** Ed. do Autor, Rio Claro, 1992.

TAVARES, .A. C.; VITTE, A. C. Erosão do solo e assoreamento de represas: o caso de Monte Aprazível (SP). **Geografia**, Rio Claro, v. 18, p. 51-95, 1993.

TAVARES, A. C. **A erosão dos solos no contexto da análise ambiental: o caso do alto curso do rio São José dos Dourados.**1986. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade São Paulo, São Paulo, 1986.

TAVARES, S. A. C. F; MORAES, J. F. L. De; PECHE FILHO, A; LOMBARDI NETO, F. Diagnóstico agroambiental para gestão e monitoramento da bacia do rio Jundiá - Mirim, 1999. In: GISBRASIL 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: FatorGis, 2000. 1 CD-ROM.

TAYLOR, D. R. F. **Education and training in contemporary cartography.** Chichester: Wiley, 1985.

TAYLOR, D. R. F. Perspectives on visualization and modern cartography. In: MACEACHREN, A.M; TAYLOR, D.R.F (Ed.). **Visualization in modern cartography.** New York: Elsevier,1994. v. 2, p. 333-342.

TOMLIN, C. D. **Geographical information systems and cartographic modeling.** Englewood Cliffs: Prentice Hall, New Jersey,1990. 249 p.

TORI, R; ARAÚJO, M. A integração multimídia e sistemas de informações geográficas (SIG). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 3, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1995. p. 105-136.

THORNTHWAITE; MATHER. **The Water Balance.** Publication in Climatology-Centerton. N.J. 1955, 104 p.

TRICART, J. CAILLEUX, A. **Introduction à la Géomorphologie Climatique.** Paris, Société d'Enseignement Supérieur. 1956.

TRICART; J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE, SUPREN, 1977. 91 p.

UNWIN, D. Cartography, Visc and Gis. **Progress in Human Geography**, v. 18, n. 4, p. 516-522. 1994.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG). Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (CEDEPLAR). **Vale do Jequitinhonha; proposta de elaboração de um programa de desenvolvimento sócio econômico**. Belo Horizonte, 1975.168 p.

VALERIANO, M. M. **Estimativa de variáveis topográficas por geoprocessamento para modelagem da perda de solos**. 1999, 146f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 1999.

VALENZUELA, C. R. ILWIS overview. **ITC journal**, v. 1, p. 3-14, 1988.

VALÉRIO FILHO, M. Gerenciamento de Bacias Hidrográficas com aplicação de técnicas de geoprocessamento. In: TAUKE-TORNISIELO, S. M.; GOBBI, N.; FORESTI, C.; LIMA, S. T. **Análise Ambiental: Estratégias e ações**. São Paulo: T.A. QUEIROZ/Fundação Salim Farah Maluf; Rio Claro: Centro de Estudos Ambientais – UNESP, 1995. cap. 3, 135 p.

VENTURIERI, A. **Segmentação de imagens e lógica nebulosa para treinamento de uma rede neural artificial na caracterização do uso da terra na região de Tucuruí (PA)**. 1996, 118f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1996.

VENTURIERI; A. SANTOS, J. R. Técnicas de classificação de imagens para análise de cobertura vegetal. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Ed.) **Sistemas de Informações geográficas: Aplicações na Agricultura**. Brasília: EMBRAPA, 1998. cap. 18, p. 351-360.

VISVALINGAM; M. Visualisation in GIS, cartography and ViSC. In: HEARNshaw, H. M; UNWIN, D. J. **Visualization in Geographical Information Systems**. Wiley: Chichester: Willey, 1996. p. 18-25.

WATRIN; O. S. SAMPAIO; M.N. VENTURIERI, A. Dinâmica do uso da terra e seus reflexos na cobertura vegetal em áreas do município de Tomé-Açu, nordeste Paraense. **Geografia**, Rio Claro, v. 25, n.1, p. 37-53, abril. 2000.

WEAVER, W. ; SHANNON, C. E. **The mathematical theory of communication**. Illinois: University of Illinois, 1949.

WEBER, E. *et al.* **Estruturação de sistemas de informação ambiental em bacias hidrográficas: o caso da bacia hidrográfica do rio Caí – RS**. Disponível em: <<http://www.ecologia.ufrgs.br>>. Acesso em: 02 fev. 2000.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. **Agriculture Handbook, n. 537**, Washington, United States Department of Agriculture(USDA), 1978. 58 p.

WOOD, M. Visualization in historical context. In: MAcEACHREN, A.; TAYLOR, D. R. F (Ed.). **Visualization in modern cartography**. New York: Elsevier,1994. v.2.

WRIGHT; D. J. GOODCHILD; M. F. PROCTOR; J. D. Demystifying the persistent ambiguity of GIS as tool versus science. **The annals of the association of American Geographers**, v. 87, n. 2, p. 346-362. 1997.

ANEXOS

ANEXO 1 – VALORES DE PRECIPITAÇÃO DA BACIA DO RIO ARAÇUAÍ

SÉRIE HISTÓRICA (1981-2000) - POSTO PLUVIOMÉTRICO ARAÇUAÍ

Araçuaí	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	ago	Set	Out	Nov	Dez	Soma
1981	132.00		236.60	136.60	17.00	5.70	4.60	3.30	0.00	45.80	153.30	104.00	838.90
1982	261.90	24.00	69.30	84.60	29.40	0.00	2.30	0.50	10.80	65.90	11.60	82.80	643.10
1983	254.70	110.40	377.80	0.00	15.60	0.00	14.50	0.30	11.60	87.20	119.50	329.90	1,321.50
1984	23.60	19.80	108.40	92.20	2.00	0.00	4.30	17.20	34.50	66.30	140.90	115.20	624.40
1985	520.70	47.90	16.70	24.80	1.60	0.00	12.90	7.40	132.80	241.30	55.60	188.80	1,250.50
1986	105.80	64.70	18.00	11.40	0.50	5.80	3.60	0.30	0.00		102.40	172.60	485.10
1987	139.50	52.90	208.70	21.90	6.20	0.10	0.00	0.00	40.60	66.80	283.70	177.50	997.90
1988	75.00	34.90	58.80	19.00	0.00	10.30	3.60	0.40	0.00	23.00	54.20	163.40	442.60
1989	48.10	56.20	121.30	1.10	0.00	20.70	5.40	10.00	5.30		95.30	459.00	822.40
1990	30.80	164.70	22.40	8.30	38.90	2.60	6.20	39.90	1.90		258.70	113.70	688.10
1991	127.70	47.30	82.60	4.70	33.60	4.20	7.50	0.20	44.40	43.80	93.30	92.60	581.90
1992	295.20	241.40	64.40	4.90	17.70	0.00	2.20	8.10	0.00		173.70	391.00	1,198.60
1993	87.10	80.00	22.00	45.30	91.60	0.00	0.00	0.00	7.50	15.50	65.40	211.50	625.90
1994	74.20	1.70	222.10	33.90	11.50	11.70	2.50	2.20	0.00	58.90	144.60	78.90	642.20
1995	20.00	72.40	70.70	33.20	14.70	0.00	17.30	0.00	0.00	83.10	126.70	309.80	747.90
1996	17.70	25.90	72.10	62.90	1.60	0.00	0.00	0.30	0.00	61.30	242.30	55.00	539.10
1997	64.80	140.10	208.00	7.20				6.50	19.50	50.70	67.90	70.30	635.00
1998	171.40	4.60	26.10	0.10	1.70	0.30	8.70	1.30	14.80	99.90	347.60	137.60	814.10
1999	49.50	15.70	72.00	35.20	9.20	0.00	7.30	0.00	1.90	82.50	203.50	178.90	655.70
2000	117.80	66.30	150.00	62.30	22.20	0.00	0.80	56.70	18.00	0.00	280.00	307.60	1,081.70
Soma	2,499.70	1,204.60	2,078.00	627.30	292.80	61.40	102.90	97.90	325.60	1,092.00	2,740.20	3,432.50	15,636.60
Média	124.99	60.23	103.90	31.37	14.64	3.07	5.15	4.90	16.28	54.60	137.01	171.63	781.83
Erosividade	858.78	248.26	627.29	81.88	22.42	1.58	3.79	3.48	26.86	210.11	1003.93	1472.35	4560.73

Fonte: Dados pluviométricos do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) - 5º DISME- Distrito de Meteorologia (Ministério da Agricultura e do Abastecimento), 2000.

ANEXO 2 – SINTAXE UTILIZADA PARA A OBTENÇÃO DO PNE

```

{
//Declaração das variáveis
Tematico solo ("solo"),
decl ("declive");
Numerico S ("decliv-media"),
K ("erodibilidade"),
L ("encosta"),
LS ("LS"),
pne ("PNE");
Float R = 4560.73.;
Tabela tabk (Ponderacao),
tabs (Ponderacao);
// Transforma Declividade em
// (S )declividade media
decl= Recuperar(Nome = "Declividade");
S = Novo ( Nome = "DeclivMedia",
Representacao = Matricial,
ResX = 30, ResY = 30,
Escala = 100000,
Min = 0, Max = 50);
tabs = Novo(Categorialni="declive",
"0-2" : 1.5,
"2-5" : 4.5,
"5-10" : 9.0,
"10-20" : 16.0,
"20-45" : 30.0,
">45" : 40.0 );
S = Pondere (decl,tabs);
//Transf. solo em erodibilidade (K)
solo= Recuperar(Nome = "TiposdeSolo");
K = Novo (Nome = "Erodibilidade(K)",
Representacao = Matricial,
ResX = 30, ResY = 30,
Escala = 100000,
Min = 0, Max = 1);
tabk = Novo (Categorialni = "solo",
"Li" : 0.033,
"Lv1" : 0.013,
"Lv" : 0.013,
"Le" : 0.017,
"Ce" : 0.322,
"Afl" : 0.00,
"le1+lrd" : 0.01514,
"Pv1" : 0.028
"Pv2" : 0.028,

```

```
K = Pondere (solo, tabk);  
// Calculo de LS  
L= Recuperar(Nome ="L-CompEncosta");  
LS = Novo (Nome = "LS",  
Representacao = Grade,  
ResX = 30, ResY = 30,  
Escala = 100000,  
Min = 0, Max = 100 );  
LS= 0.00984 * (L^0.63)* (S^1.18);  
// Calculo de PNE  
PNE = Novo (Nome = "PotNatErosao",  
Representacao = Grade,  
ResX = 30, ResY = 30,  
Escala = 100000,  
Min = 0, Max = 100);  
PNE = R*K*LS;  
}
```

ANEXO 3 – TABELA DA POPULAÇÃO DO VALE DO JEQUITINHONHA, 1970.

	MUNICÍPIOS	POPULAÇÃO TOTAL	POPULAÇÃO URBANA	POPULAÇÃO RURAL
01	Águas Vermelhas	12.276	1.008	11.268
02	Almenara	31.533	15.602	15.931
03	Araçuaí	30.280	9.893	20.387
04	Bandeira	7.507	1.715	5.792
05	Berilo	15.686	951	14.735
06	Botumirim	7.063	716	6.347
07	Cachoeira de Pajeú	8.171	1.275	6.896
08	Capelinha	19.634	4.420	15.214
09	Carai	19.006	2.497	16.509
10	Carbonita	6.959	927	6.032
11	Chapada do Norte	14.073	736	13.337
12	Comercinho	9.767	1.472	8.295
13	Coronel Murta	8.247	2.258	5.989
14	Couto Magalhães Minas	3.313	1.755	1.558
15	Cristália	4.760	337	4.423
16	Datas	3.993	1.536	2.457
17	Diamantina	34.672	23.688	10.984
18	Felício dos Santos	4.679	622	4.057
19	Felisburgo	4.545	1.768	2.777
20	Francisco Badaró	14.491	1.498	12.993
21	Gouveia	8.556	3.758	4.798
22	Grão-Mogol	20.323	2.006	18.317
23	Itacambira	8.245	407	7.838
24	Itamarandiba	27.020	3.785	23.235
25	Itaobim	15.487	6.894	8.593
26	Itinga	22.710	2.877	19.833
27	Jacinto	14.164	3.910	10.254
28	Jequitinhonha	22.986	9.613	13.373
29	Joaíma	19.124	6.046	13.078
30	Jordânia	10.547	4.886	5.661
31	Medina	19.857	7.830	12.027
32	Minas Novas	25.012	2.522	22.490
33	Novo Cruzeiro	31.422	4.492	26.930
34	Padre Paraíso	12.724	5.245	7.479
35	Pedra Azul	18.838	11.073	7.765
36	Presidente Kubitschek	2.395	942	1.453
37	Rio do Prado	6.096	2.010	4.086
38	Rio Pardo de Minas	31.131	2.133	28.998
39	Rubelita	14.752	981	13.771
40	Rubim	13.708	6.615	7.093
41	Salinas	45.925	9.681	36.244
42	Salto da Divisa	10.188	5.151	5.037
43	Santa Maria do Salto	5.409	1.918	3.491
44	Santo Ant. do Jacinto	13.385	2.108	11.277
45	São Gonç. do Rio Preto	2.799	798	2.001
46	São João do Paraíso	22.727	998	21.729
47	Senador M. Gonçalves	5.613	576	5.037
48	Serro	17.579	6.222	11.357
49	Taiobeiras	14.023	4.813	9.210
50	Turmalina	16.490	2.644	13.846
51	Virgem da Lapa	13.612	2.287	11.325
TOTAL		773.502	199.895	573.607

Fonte: Censo Demográfico, 1970.

ANEXO 4 – TABELA DA POPULAÇÃO DO VALE DO JEQUITINHONHA, 1980.

MUNICÍPIOS	POPULAÇÃO TOTAL	POPULAÇÃO URBANA	POPULAÇÃO RURAL
01	Águas Vermelhas	14.967	9.067
02	Almenara	28.164	10.188
03	Araçuaí	31.369	18.469
04	Bandeira	6.174	4.345
05	Berilo	17.689	16.393
06	Botumirim	7.084	5.815
07	Cachoeira de Pajeu	8.235	6.516
08	Capelinha	23.722	13.206
09	Carai	17.339	14.261
10	Carbonita	8.271	5.902
11	Chapada do Norte	14.757	13.568
12	Comercinho	9.306	7.869
13	Coronel Murta	8.316	4.818
14	Couto M. de Minas	3.026	1.034
15	Cristália	4.780	4.298
16	Datas	3.505	1.897
17	Diamantina	35.926	26.514
18	Felício dos Santos	4.520	3.784
19	Felisburgo	5.137	2.358
20	Francisco Badaró	15.579	13.458
21	Gouveia	9.322	4.265
22	Grão-Mogol	22.195	17.750
23	Itaobim	8.698	8.252
24	Itacambira	28.897	20.715
25	Itamarandiba	18.165	7.556
26	Itinga	23.826	19.757
27	Jacinto	11.837	7.201
28	Jequitinhonha	23.271	11.530
29	Joaima	18.758	11.718
30	Jordânia	8.308	3.152
31	Medina	22.700	11.537
32	Minas Novas	27.504	23.066
33	Novo Cruzeiro	31.214	26.311
34	Padre Paraíso	14.858	7.128
35	Pedra Azul	20.158	6.555
36	Presidente Kubitschek	2.415	1.358
37	Rio do Prado	5.718	3.665
38	Rio Pardo de Minas	34.559	30.498
39	Rubelita	10.663	9.395
40	Rubim	12.233	5.061
41	Salinas	48.809	34.648
42	Salto da Divisa	8.406	3.500
43	Santa Maria do Salto	4.631	2.278
44	Santo Ant.do Jacinto	12.723	10.344
45	São Gonç. Rio Preto	2.802	1.858
46	São João do Paraíso	23.728	21.015
47	Senador M. Gonçalves	5.646	4.803
48	Serro	17.363	9.606
49	Taiobeiras	19.126	8.873
50	Turmalina	17.336	12.220
51	Virgem da Lapa	13.826	10.491
TOTAL	797.561	274.797	522.764

Fonte: Censo Demográfico IBGE, 1980.

ANEXO 5 – TABELA DA POPULAÇÃO DO VALE DO JEQUITINHONHA, 1991.

	MUNICÍPIOS	POPULAÇÃO TOTAL	POPULAÇÃO URBANA	POPULAÇÃO RURAL
01	Águas Vermelhas	19.185	9.751	9.434
02	Almenara	45.416	32.350	13.066
03	Araçuaí	33.826	16.590	17.236
04	Bandeira	5.813	1.926	3.887
05	Berilo	17.745	2.110	15.635
06	Botumirim	7.229	2.303	4.926
07	Cachoeira de Pajeu	8.774	2.496	6.278
08	Capelinha	30.338	16.661	13.677
09	Caraí	21.778	4.757	17.021
10	Carbonita	8.195	3.631	4.564
11	Chapada do Norte	15.790	1.553	14.237
12	Comercinho	10.240	2.311	7.929
13	Coronel Murta	9.191	5.217	3.974
14	Couto M. de Minas	4.012	3.180	832
15	Cristália	5.003	1.465	3.538
16	Datas	4.702	2.259	2.443
17	Diamantina	44.299	34.609	9.690
18	Felício dos Santos	5.802	1.387	4.415
19	Felisburgo	6.001	3.845	2.156
20	Francisco Badaró	17.177	3.102	14.075
21	Gouveia	11.457	7.178	4.279
22	Grão-Mogol	20.284	6.584	13.700
23	Itaobim	20.358	14.739	5.619
24	Itacambira	6.807	450	6.357
25	Itamarandiba	32.506	14.546	17.960
26	Itinga	22.612	6.754	15.858
27	Jacinto	12.169	6.630	5.539
28	Jequitinhonha	22.738	15.522	7.216
29	Joaima	18.304	9.663	8.641
30	Jordânia	9.524	6.209	3.315
31	Medina	21.760	13.186	8.574
32	Minas Novas	33.631	6.463	27.168
33	Novo Cruzeiro	30.748	6.499	24.249
34	Padre Paraíso	17.327	10.123	7.204
35	Pedra Azul	22.068	17.516	4.552
36	Presidente Kubitschek	2.932	1.637	1.295
37	Rio do Prado	13.401	6.036	7.365
38	Rio Pardo de Minas	48.807	10.500	38.307
39	Rubelita	10.006	1.711	8.295
40	Rubim	10.772	7.269	3.503
41	Salinas	50.849	19.543	31.306
42	Salto da Divisa	7.788	5.408	2.380
43	Santa Maria do Salto	5.312	3.031	2.281
44	Santo Ant. do Jacinto	12.093	4.225	7.868
45	São Gonç. do Rio Preto	2.996	1.344	1.652
46	São João do Paraíso	28.919	5.179	23.740
47	Senador M. Gonçalves	5.309	1.170	4.139
48	Serro	35.153	10.794	24.359
49	Taiobeiras	26.673	18.324	8.349
50	Turmalina	19.409	8.547	10.862
51	Virgem da Lapa	13.925	4.075	9.850
TOTAL		917.153	402.358	514.795

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 1991.

ANEXO 6 – TABELA DA POPULAÇÃO DO VALE DO JEQUITINHONHA, 1996.

	MUNICÍPIOS	POPULAÇÃO TOTAL	POPULAÇÃO URBANA	POPULAÇÃO RURAL
01	Águas Vermelhas	10894		
02	Almenara	32728	26142	6586
03	Angelândia	5300		
04	Araçuaí	34651	18580	16071
05	Aricanduva	3862		
06	Bandeira	5155	1936	3219
07	Berilo	13089		
08	Berizal	3293		
09	Botumirim	6794	2861	3933
10	Cachoeira de Pajeú	9188	3255	5933
11	Capelinha	28359	19730	13929
12	Carai	19649	5913	13736
13	Carbonita	9084	5594	3490
14	Chapada do Norte	14481	3951	10530
15	Comercinho	10216	2564	7652
16	Coronel Murta	9699	6088	3611
17	Couto M. de Minas	4232	3650	582
18	Cristália	5018	2111	2907
19	Curral de Dentro	5160		
20	Datas	5063	2676	2387
21	Diamantina	43405	36244	7161
22	Divisa Alegre	4307		
23	Divisópolis	5877	4135	1742
24	Felício dos Santos	5565	1670	3895
25	Felisburgo	7356	4867	2489
26	Francisco Badaró	10350		
27	Fruta de Leite	7175		
28	Gouvêa	11424	7415	4009
29	Grão Mogol	13275		
30	Indaiabira	6794		
31	Itacambira	4816	581	4235
32	Itamarandiba	28445	16994	15313
33	Itaobim	21724	16101	5623
34	Itinga	14561		
35	Jacinto	11850	6801	5049
36	Jequitinhonha	7025		
37	Jenipapo de Minas	23457	16428	7029
38	Joáima	14892	11500	7459
39	Jordânia	10112	6417	3695
40	José Gonçalves de Minas	4460		
41	Josenópolis	3871		
42	Leme do Prado	4512		
43	Mata Verde	6403	4737	1666
44	Medina	20818	13970	6848
45	Minas Novas	28934	7904	25542
46	Montezuma	4067		
47	Monte Formoso	6582	2080	4502
48	Ninheira	8438		
49	Novo Cruzeiro	26564	6936	19628
50	Novorizonte	4015		
51	Padre Carvalho	4692		
52	Padre Paraíso	17221	10592	6629
53	Palmópolis	7350	3961	3389
54	Pedra Azul	23176	19144	4032
55	Ponto dos Volantes	9505		
56	Presidente Kubitschek	2554	1525	1029
57	Rio do Prado	5770	2907	2863
58	Rio Pardo de Minas	25897	11337	31108
59	Rubelita	8927	1989	6938
60	Rubim	9959	7365	2594
61	Salinas	34561	26354	23785

62	Salto da Divisa	7393	5661	1732
63	Santa Cruz de Salinas	4388		
64	Santo Antônio do Jacinto	5024	3213	1811
65	Santo Antônio do Retiro	11222	4791	6431
66	Santa Maria do Salto	5963		
67	São Gonçalo do Rio Preto	309.9	1622	1477
68	São João do Paraíso	193.61	7761	20038
69	Senador Modestino Gonçalves	5353	1332	4021
70	Serro	20.374	10967	9407
71	Taiobeiras	22.495		
72	Turmalina	15.932	11975	9196
73	Vargem Grande do Rio Pardo	3.791		
74	Veredinha	5.239		
75	Virgem da Lapa	137.88		
TOTAL		900.023		

Fonte: CD-Rom, Malha dos municípios IBGE, 1996.

(1) Municípios emancipados no ano de 1996.(2)

(2) Municípios que cederam população para os novos municípios criados.

ANEXO 7 – TABELA DA POPULAÇÃO DO VALE DO JEQUITINHONHA, 2000.

MUNICÍPIOS		POPULAÇÃO TOTAL	POPULAÇÃO URBANA	POPULAÇÃO RURAL
01	Águas Vermelhas	11.864	5.943	5.921
02	Almenara	35.356	18.414	16.942
03	Angelândia	7.470	3.823	3.647
04	Araçuaí	35.439	18.434	17.005
05	Aricanduva	4.254	2.245	2.009
06	Bandeira	5.349	2.739	2.610
07	Berilo	12.989	6.618	6.371
08	Berizal	3.969	2.005	1.964
09	Botumirim	6.832	3.538	3.294
10	Cachoeira de Pajeú	8.520	4.320	4.200
11	Capelinha	31.014	16.135	14.879
12	Carai	20.958	10.708	10.250
13	Carbonita	8.928	4.683	4.245
14	Chapada do Norte	15.220	7.542	7.678
15	Comercinho	8.705	4.597	4.108
16	Coronel Murta	9.124	4.676	4.448
17	Couto M. de Minas	3.679	1.881	1.798
18	Cristália	5.579	2.932	2.647
19	Curral de Dentro	5.966	3.025	2.941
20	Datas	5.037	2.587	2.450
21	Diamantina	43.305	22.384	20.921
22	Divisa Alegre	4.822	2.496	2.326
23	Divisópolis	6.433	3.305	3.128
24	Felício dos Santos	5.729	2.921	2.808
25	Felisburgo	6.231	3.238	2.993
26	Francisco Badaró	10.258	5.348	4.910
27	Fruta de Leite	6.778	3.436	3.342
28	Gouvêa	11.675	6.087	5.588
29	Grão Mogol	14.016	7.301	6.715
30	Indaiabira	7.426	3.825	3.601
31	Itacambira	4.558	2.384	2.174
32	Itamarandiba	29.170	15.195	13.975
33	Itaobim	21.258	10.957	10.301
34	Itinga	13.836	7.218	6.618
35	Jacinto	12.067	6.273	5.794
36	Jequitinhonha	22.855	12.058	10.797
37	Jenipapo de Minas	6.461	2.012	4.449
38	Joáima	14.559	7.603	6.956
39	Jordânia	9.869	5.098	4.771
40	José Gonçalves de Minas	4.706	2.400	2.306
41	Josenópolis	4.250	2.018	2.232
42	Leme do Prado	4.712	2.394	2.318
43	Mata Verde	7.056	3.527	3.529
44	Medina	21.600	11.156	10.444
45	Minas Novas	30.630	15.465	15.165
46	Montezuma	6.572	3.341	3.231
47	Monte Formoso	4.418	2.241	2.177
48	Ninheira	9.359	4.844	4.515
49	Novo Cruzeiro	30.441	15.630	14.811
50	Novorizonte	4.611	2.383	2.228
51	Padre Carvalho	5.231	2.695	2.536
52	Padre Paraíso	17.466	8.983	8.483
53	Palmópolis	10.706	5.495	5.211
54	Pedra Azul	23.568	12.236	11.332
55	Ponto dos Volantes	10.524	5.436	5.088
56	Presidente Kubitschek	2.948	1.489	1.459
57	Rio do Prado	5.384	2.805	2.579
58	Rio Pardo de Minas	26.892	13.851	13.041
59	Rubelita	10.194	5.304	4.890
60	Rubim	9.642	4.995	4.647
61	Salinas	36.710	18.990	17.720
62	Salto da Divisa	6.813	3.500	3.313

63	Santa Cruz de Salinas	4.800	2.424	2.376
64	Santo Antônio do Jacinto	12.129	6.288	5.841
65	Santo Antônio do Retiro	6.648	3.415	3.233
66	Santa Maria do Salto	5.283	3.666	1.617
67	São Gonçalo do Rio Preto	2.963	1.561	1.402
68	São João do Paraíso	20.978	10.583	10.395
69	Senador Modestino Gonçalves	5.183	2.695	2.488
70	Serro	21.004	10.801	10.203
71	Taiobeiras	27.318	14.133	13.185
72	Turmalina	15.644	7.978	7.666
73	Vargem Grande do Rio Pardo	4.457	2.232	2.225
74	Veredinha	5.262	2.694	2.568
75	Virgem da Lapa	13.661	7.127	6.534
TOTAL		937.321	482.759	454.562

Fonte: IBGE. Sinopse preliminar do censo 2000. <http://www.ibge.gov.br>



A cidade está em primeiro plano e ao fundo o rio Jequitinhonha. Localiza-se na Microrregião de Pastoril de Almenara no Médio Jequitinhonha.
Foto: Guilherme Taitson Bueno, 01/1996.



ANEXO 9 – Foto da Cidade de Araçuai.

A cidade está ao fundo e em primeiro plano o Rio Araçuai com mata ciliar na sua margem esquerda. Localiza-se na Microrregião Pastoril de Pedra Azul no Médio Jequitinhonha.
Foto: Guilherme Taitson Bueno, 01/1996.



ANEXO 10 – Foto da Cidade de Capelinha.

Situada no Alto Jequitinhonha, compõe a Microrregião Mineradora do Jequitinhonha.

Foto: Guilherme Taitson Bueno, 01/1996.



ANEXO 11 – Foto da Cidade de Carbonita.

Localiza-se no Alto Jequitinhonha, compõe a Microrregião Mineradora de Diamantina.

Foto: Guilherme Taitson Bueno, 01/1996.



ANEXO 12 – Foto da Cidade de Diamantina.

Patrimônio da Humanidade, situada no Alto Jequitinhonha.
É uma das cidades do Vale que contém o maior número de população urbana. Faz parte da Microrregião Mineradora de Diamantina.
Foto: Guilherme Taitson Bueno, 01/1996.



ANEXO 13 – Foto da Cidade de Itinga.

Compõe a Microrregião Pastoril de Pedra Azul, no Médio Curso do Rio Jequitinhonha.
Foto: Guilherme Taitson Bueno, 01/1996.



ANEXO 14 – Foto do Rio Jequitinhonha no município de Jequitinhonha.

Foto: Guilherme Taitson Bueno, 01/1996.



ANEXO 15 – Foto da Cidade de Itamarandiba

Pertence à Microrregião Mineradora de Diamantina e situa-se no Alto Jequitinhonha.

Foto: Guilherme Taitson Bueno, 01/1996.