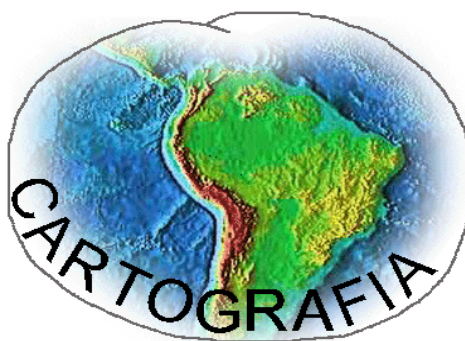


Guilherme Agostinho Pletikoszits de Andrade

Geoprocessamento no diagnóstico municipal de
Ouro Preto como subsídio para construção de
Plano Diretor

X Curso de Especialização em Geoprocessamento - 2006



UFMG
Instituto de Geociências
Departamento de Cartografia
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha
Belo Horizonte
cartografia@igc.ufmg.br

GUILHERME AGOSTINHO PLETIKOSZITS DE ANDRADE

GEOPROCESSAMENTO NO DIAGNÓSTICO MUNICIPAL DE
OURO PRETO COMO SUBSÍDIO PARA CONSTRUÇÃO DE
PLANO DIRETOR

Monografia apresentada como requisito parcial
à obtenção do grau de especialista em
Geoprocessamento, Curso de especialização
em geoprocessamento, Departamento de
Cartografia, Instituto de Geociências,
Universidade Federal de Minas Gerais

Orientadora: Profa. Ana Clara Mourão Moura

BELO HORIZONTE
2006

Andrade, Guilherme Agostinho Pletikoszits de

Geoprocessamento no diagnóstico municipal de Ouro Preto como subsídio para construção de Plano Direto/ Guilherme Agostinho Pletikoszits de Andrade. Belo Horizonte, 2006.

v, 47f: il.

Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. Departamento de Cartografia, 2006.

AGRADECIMENTOS

Principalmente à Deus por me dar o Dom da vida e por me preencher com um espírito sedento de sabedoria, o qual representa a fagulha Dele em mim.

À Professora Ana Clara Mourão Moura, pela grande oportunidade de abrir meus horizontes ao vasto e promissor mundo do Geoprocessamento e por ser minha mais nova Maestra.

Ao Professor Marcos Timbó Elmiro, que me deu a oportunidade inicial de trabalhar com Geoprocessamento na UFMG e pelas maravilhosas aulas de Cartografia.

À Professora Maria Márcia Magela Machado, que como seu ótimo humor soube nos instigar a realizar um trabalho de qualidade e correto de acordo com as normas técnicas.

Aos grandes profissionais do laboratório de Geoprocessamento da UFMG, Charles, Ana Maria, Renata, Vladimir, Bráulio, Grazielle, Diego e em especial para Sheyla, que como uma amiga que todos merecem ter, foi responsável pela minha inclusão nesse seleto grupo de estudos.

A todos os professores e amigos desse curso por sempre estarem presentes e me ajudarem nas dificuldades de aprendizado no decorrer desse prazeroso desafio.

Ao Engenheiro José Guilherme e a todos os colegas de trabalho da Rádio Inconfidência pela compreensão nas horas em que tive de ausentar-me do serviço por motivos de estudo.

À minha família por sempre me apoiarem incondicionalmente em minhas decisões e proporcionarem financeira e moralmente meus estudos.

Um especial agradecimento à minha linda companheira Vanessa Cristina por estar sempre ao meu lado apoiando-me e torcendo pelo meu sucesso profissional e acadêmico com amor.

“Nada tem tido, em verdade, maior significação e importância para o gênero humano, na consumação de seus altos destinos, que o saber. Desde remotas épocas o homem vem procurando, buscando ali onde sua imaginação, sua intuição ou pressentimento o levaram. Paralelamente a essa busca nasceram em sua mente as primeiras idéias e se geraram os primeiros pensamentos.”

Carlos Bernardo Gonzáles Pecotche

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	VI
ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES	VII
RESUMO	VIII
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVO GERAL.....	11
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3. CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS	12
4. MATERIAIS E MÉTODOS	14
4.1. A ESCOLHA DOS APLICATIVOS DE GEOPROCESSAMENTO.....	14
4.2. ORGANIZAÇÃO DA BASE DE DADOS ALFANUMÉRICA.....	16
4.3. ORGANIZAÇÃO DA BASE DE DADOS VETORIAIS	17
4.4. PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS	20
4.5. PROCESSAMENTO DAS INFORMAÇÕES	22
4.5.1. Mapa Hipsométrico e de Declividades.....	22
4.5.2. Faixa de domínio de Hidrografia, Rodovias e Ferrovia	24
4.5.3. Áreas de Proteção Permanente	25
4.5.4. Censo 2000 IBGE.....	28
4.5.5. Classificação da Cobertura do Uso do Solo e Uso do Solo Urbano.....	37
4.5.6. Áreas de Conflitos do Uso do Solo	43
5. ANÁLISES DE MULTICRITÉRIOS	44
5.1. ANÁLISE DO POTENCIAL DE EXPANSÃO URBANA	45
5.2. CRESCIMENTO URBANO X POTENCIAL DE EXPANSÃO URBANA	49
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
7. REFERÊNCIAS.....	52

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

MAPA 1 – PLANTA DE SITUAÇÃO DE OURO PRETO – MG, BRASIL	13
MAPA 2 – MAPA TEMÁTICO DA DISTRIBUIÇÃO DOS SETORES CENSITÁRIOS DO DISTRITO DE OURO PRETO NO SOFTWARE TERRAVIEW	15
MAPA 3 – HIDROGRAFIA / DRENAGEM	18
MAPA 4 – RODOVIAS E FERROVIAS	19
MAPA 5 – MALHA VIÁRIA URBANA 2002.....	19
MAPA 6 – MALHA VIÁRIA URBANA 2002 E MANCHA URBANA ATUALIZADA PELA IMAGEM QUICKBIRD	20
MAPA 7 – IMAGEM LANDSAT ETM+ DE 2002 COM FUSÃO.....	22
MAPA 8 – HIPSOMETRIA DO DISTRITO DE OURO PRETO.....	23
MAPA 9 – MAPAS DE DECLIVIDADES DO MUNICÍPIO DE OURO PRETO	23
MAPA 10 – FAIXAS DE DOMÍNIO DE HIDROGRAFIA.....	24
MAPA 11 – FAIXAS DE DOMÍNIO DE RODOVIAS E FERROVIAS	25
MAPA 12 – MAPA DE APPS DO MUNICÍPIO DE OURO PRETO.....	26
MAPA 13 – ÁREAS DE PROTEÇÃO PERMANENTE COM DETALHA PARA A MANCHA URBANA DE 2001	27
MAPA 14 – INFRA-ESTRUTURA NOS SETORES CENSITÁRIOS DO DISTRITO DE OURO PRETO.....	28
MAPA 15 – DENSIDADE DEMOGRÁFICA DE OURO PRETO.....	29
MAPA 16 – CARACTERIZAÇÃO DOS HABITANTES POR SEXO.....	30
MAPA 17 - CARACTERIZAÇÃO DOS HABITANTES POR ESCOLARIDADE – ALFABETOS COM 5 OU MAIS ANOS	31
MAPA 18 - CARACTERIZAÇÃO DOS HABITANTES POR ESCOLARIDADE – ANALFABETOS COM 5 OU MAIS ANOS.....	31
MAPA 19 - CARACTERIZAÇÃO DOS HABITANTES POR FAIXA ETÁRIA DE 0 A 14 ANOS DE IDADE.....	32
MAPA 20 - CARACTERIZAÇÃO DOS HABITANTES POR FAIXA ETÁRIA DE 15 OU MAIS ANOS DE IDADE.....	33
MAPA 21 - CONDIÇÕES DOS DOMICÍLIOS POR SETOR CENSITÁRIO - COLETIVO, QUITADO, CEDIDO	34
MAPA 22 - CONDIÇÕES DOS DOMICÍLIOS POR SETOR CENSITÁRIO - COLETIVO, QUITADO, CEDIDO	35
MAPA 23 - CONDIÇÕES DOS DOMICÍLIOS POR SETOR CENSITÁRIO - PROPRIEDADE PARTICULAR PERMANENTE	36
MAPA 24 - CARACTERIZAÇÃO DOS HABITANTES - RENDA MÉDIA DO CHEFE DE FAMÍLIA	36
(SALÁRIO MÍNIMO DE 2006).....	36
MAPA 25 – COBERTURA DO SOLO DO DISTRITO DE OURO PRETO EM DUAS ÉPOCAS DIFERENTES, 1988 E 2001.....	39
MAPA 26 – COBERTURA DO SOLO DE OURO PRETO EM 2001	40
MAPA 27 – USO URBANO DO SOLO DA CIDADE DE OURO PRETO	42
FIGURA 1 – DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DO ALGORITMO PARA A PRODUÇÃO DO MAPA DE CONFLITO DE USO DO SOLO	43
MAPA 28 - MAPA DE ÁREAS DE CONFLITO DO USO DO SOLO DO MUNICÍPIO DE OURO PRETO	44
FIGURA 2 – ANÁLISE MULTICRITÉRIOS PARA O POTENCIAL DE EXPANSÃO URBANA DE OURO PRETO	46
MAPA 29 – POTENCIAL DE EXPANSÃO URBANA DE OURO PRETO	47
MAPA 30 - POTENCIAL DE EXPANSÃO URBANA DE OURO PRETO – DETALHE MANCHA URBANA 2001	48
MAPA 31 - CRESCIMENTO URBANO X POTENCIAL DE EXPANSÃO URBANA.....	49

RESUMO

As ferramentas de Geoprocessamento, principalmente o SIG (Sistema de Informações Geográficas), vêm sendo empregadas em larga escala por gestões de administração pública, como base para determinar intervenções urbanas, sociais e ambientais visando o desenvolvimento sustentável municipal. Esta pesquisa descreve o procedimento metodológico do uso do SIG como base para a proposição de Planos Diretores Municipais. O distrito piloto estudado foi Ouro Preto em Minas Gerais, Brasil, que desde 1996 possui Plano Diretor instituído e foi escolhido pela disponibilidade da base de dados necessária à realização desse trabalho. O procedimento metodológico teve como função primordial a descrição do território em toda sua complexidade, possibilitando diferentes interpretações de uma maneira rápida. Constitui, portanto, fonte fundamental na tomada de decisões político-administrativas do planejamento municipal. Dados dos setores censitários do IBGE (Censo 2000) e SNIU foram as bases utilizadas para a construção do banco de dados alfanumérico. Para a construção da base cartográfica, foram utilizados dados do IBGE, GEOMINAS, IEF, DER-MG, IBAMA, EMBRAPA, IGA-MG, imagens dos Satélites Landsat TM Landsat ETM+ e QuickBird. Para a organização do SIG foram escolhidos softwares de domínio livre, como o SPRING e o TERRAVIEW, visando um caminho mais sustentável para a disseminação da informação tanto para usuários treinados nas ferramentas de Geoprocessamento, como para leigos. Como resultado, foram gerados mapas.

1. INTRODUÇÃO

O avanço nas tecnologias da informática permite que um administrador público municipal saiba com precisão onde e de que maneira deve intervir nos problemas municipais identificados. No passado, essa identificação era feita através de análise do histórico municipal, relatórios, gráficos e banco de dados precários gerados por gestões anteriores. Atualmente, com o auxílio de dados específicos de caracterização municipal, tais como informações relativas a setores censitários, imagens de satélite, fotos aéreas e base de dados geográficos previamente produzidos por empresas especializadas, podem-se identificar praticamente todos os problemas mais graves que um município apresenta, como falta de infra-estrutura básica, crescimento urbano desordenado, zonas de risco para construção de edificações, entre outros.

Para tentar resolver, ou pelo menos minimizar esses problemas municipais, o governo federal promulgou, em de julho de 2001, a lei número 10257, que determina os critérios de exigência para que um município possua um Plano Diretor para organizar o crescimento e o funcionamento de seu território.

“O Plano Diretor é obrigatório para as cidades com mais de 20 mil habitantes e para municípios integrantes de regiões metropolitanas. É também obrigatório nas aglomerações urbanas onde o Poder Público municipal pretende utilizar os instrumentos previstos no § 4o do art. 182 da Constituição Federal (integrantes de áreas de especial interesse turístico, inseridas na área de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional). Destaca-se que a legislação agora exige Plano Diretor Municipal, e não somente Plano Diretor Urbano, como acontecia em práticas passadas.”
(Brasil, 2001)

A primeira etapa de um Plano Diretor Municipal é caracterização da realidade do município, através de seus recursos e fatores de limitação. Esta etapa, denominada diagnóstico, pode ser realizada com relativa facilidade, utilizando ferramentas computacionais adequadas e dados geograficamente referenciados.

A respeito de como o geoprocessamento pode ser considerado de grande valia na compreensão da realidade de um município, afirma Moura (2003, p.19):

“O Geoprocessamento, ramo da análise espacial que muitas vezes é associado somente à aplicação ou proposição de técnicas, deve ser compreendido em sentido mais amplo, pois é produto de um contexto científico que norteia o modo de compreensão da realidade.”

O Geoprocessamento portanto, tem papel fundamental na realização do diagnóstico municipal, pois através de suas ferramentas utilizadas dentro de um contexto científico, consegue-se organizar em um só banco de dados, todos os elementos necessários para que se compreenda a realidade do município estudado e através da análise dos resultados obtidos, pode-se realizar a correta gestão urbana municipal. Segundo Moura (op. cit., p.33):

“Os recursos do geoprocessamento aparecem, nessa oportunidade, como importantes instrumentos que podem proporcionar as associações/sínteses/correlações entre as diferentes análises passíveis de realização por diferentes profissionais, assim como ser o veículo de comunicações entre técnicos, comunidade e instituições”

2. OBJETIVO GERAL

Esse trabalho tem como Objetivo Geral a construção de diagnóstico municipal e urbano, apoiado por geoprocessamento, como subsídio para a elaboração de plano diretor, utilizando como área-piloto o município de Ouro Preto – MG.

2.1. Objetivos Específicos

A partir do Objetivo Geral propõem-se os seguintes objetivos específicos:

- Elaboração de análises temáticas relativas à distribuição e caracterização sócio-econômica e demográfica da população;
- Elaboração de análises ambientais para caracterização do potencial de expansão e ocupação urbana;
- Elaboração de mapas de áreas de proteção permanente, visando a identificação e localização das restrições à expansão e ocupação urbana;
- Verificar o crescimento da mancha urbana, segundo suas localização e área, assim como seu grau de adequabilidade em relação ao potencial de expansão urbana.

3. CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS

Desde o final do século XVII na chamada “Época do Ouro”, quando os Bandeirantes paulistas desbravavam o interior do país em busca do metal, Ouro Preto, localizada à 100Km ao sudeste da capital Mineira, Belo Horizonte (**Mapa 1**), sempre foi considerada uma cidade de grande importância tanto para Minas Gerais, como para o Brasil.

Cidade forjada por mãos de artistas e escravos no auge do ciclo do Ciclo do Ouro, Ouro Preto foi reduzida à administração burocrática do estado no final do século XVIII, com o declínio do garimpo. A cidade teve um isolamento maior com a transferência da capital do país para Belo Horizonte em 1807.

Em 1938, escreveu Manuel Bandeira: “Não se pode dizer de Ouro Preto que seja uma cidade morta. (...) Ouro Preto é a cidade que não mudou, e nisso reside seu incomparável encanto”. No movimento nacional de proteção à memória cultural, na década de 1920, a cidade foi tombada como Patrimônio Nacional. Esse movimento culminou com a criação do Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (SPHAN) em 1937. Em 1980, a cidade foi declarada pela UNESCO Patrimônio Cultural da Humanidade.

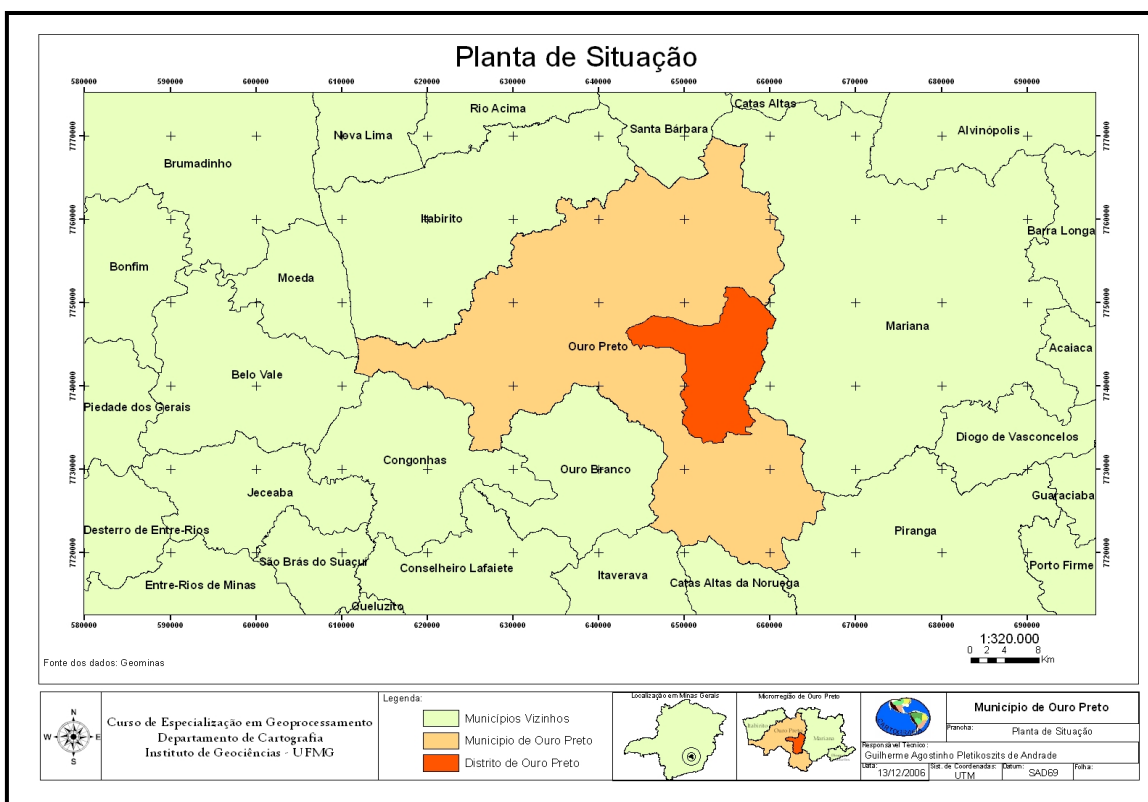
Desta época até hoje, muita coisa mudou. O trânsito desordenado, reformas sem autorização em imóveis tombados e a ocupação de sítios históricos e encostas da cidade são alguns dos desafios enfrentados hoje pela cidade barroca e pelo IPHAN, antigo SPHAN, órgão responsável por sua preservação. Hoje, a principal iniciativa para conservar e recuperar monumentos históricos da cidade vem do projeto Monumenta, financiado pelo Ministério da Cultura e Prefeitura Municipal com ajuda da Unesco e BID.¹

¹ Fonte: Portal Ouro Preto – www.ouro-preto.com.br.

Como cita Moura (op. cit., p.56), a respeito da ocupação inicial da cidade:

“Fundada em 1711, a Vila Rica de Albuquerque, que passa a ser chamada de Ouro Preto só após a Independência do País, teve sua ocupação determinada pelos arraiais de mineração e, só por volta de 1765, percebe-se a definição da malha urbana na ligação dos núcleos, consolidando o trecho que liga a Matriz de Antônio Dias (Igreja Nossa Senhora Conceição) com a Matriz de Pilar, passando pela praça onde se encontravam a Casa de Câmara e Cadeia e o Palácio dos Governadores, centro administrativo da vila, que hoje corresponde à Praça Tiradentes.”

Nos dias de hoje Ouro Preto tem uma considerável importância para o turismo de Minas Gerais, devido a seu conjunto arquitetônico e às belezas naturais de seu entorno. Porém em contrapartida, existem preocupações na preservação de seus monumentos e belezas naturais, que podem ser prejudicados por desatualização das informações a respeito da realidade geomorfológica, de infraestrutura, e de ocupação urbana do município.



Mapa 1 – Planta de Situação de Ouro Preto – MG, Brasil.

O trabalho de realização do diagnóstico municipal foi realizado apenas dentro dos limites do distrito de Ouro Preto, visto que o município ocupa uma grande extensão geográfica, o que acarretaria a necessidade de um tempo não disponível para o processamento e análise dos dados. Porém a escolha de um município que já possui um Plano Diretor instituído desde 1996 (Ouro Preto, 1996), não apresenta problemas à realização desse trabalho, pois a real importância do mesmo está no procedimento metodológico retratado, que pode ser utilizado para qualquer município, desde que se possua a base de dados necessária.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O roteiro metodológico desse trabalho consiste na escolha dos principais aplicativos de geoprocessamento para a constituição do SIG, na organização da base alfanumérica municipal de Ouro Preto, na organização da base de dados vetoriais do distrito de Ouro Preto, no processamento digital das imagens utilizadas nas análises ambientais, no processamento das informações agrupadas, nas análises ambientais e na confecção de mapas temáticos que retratam os resultados obtidos.

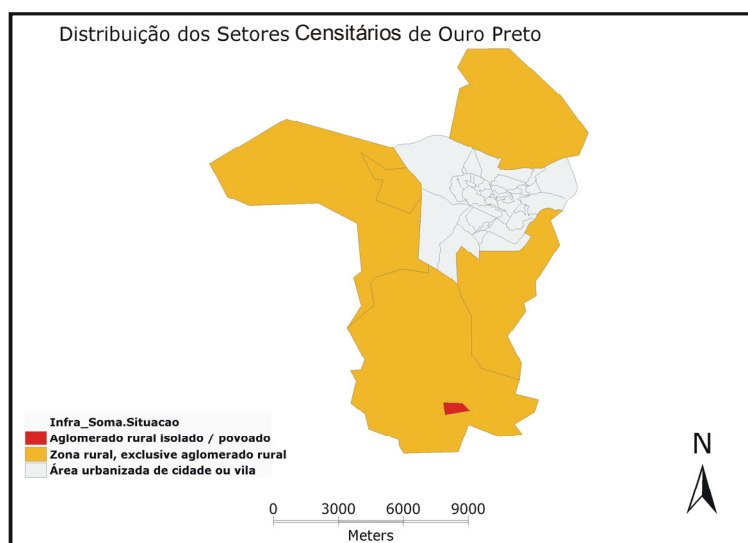
4.1. A escolha dos aplicativos de geoprocessamento

Inicialmente foi feito um estudo sobre os temas Gestão Pública, Gestão Participativa e Sistemas de Informações Geográficas. O autor da presente monografia, teve a oportunidade de testar e calibrar a metodologia utilizada na realização desse trabalho para quatro cidades mineiras: Lagoa Santa, Ubá, Varginha e Raul Soares. Para a escolha das variáveis de mapeamento e análise foram realizadas reuniões com a equipe de técnicos² que estariam responsáveis pela interpretação dos diagnósticos e pela composição dos planos diretores propriamente ditos dessas cidades.

Em função dos objetivos e destinações do sistema foram escolhidos os softwares e seus aplicativos. Ficou decidido que o SPRING não atenderia plenamente às demandas, uma vez que é um software que apresenta limitações no relacionamento de tabelas, daí a necessidade da utilização do software TerraView. Todo o sistema foi organizado no Spring com o objetivo de construção de análises ambientais e para utilização por usuários já treinados em geoprocessamento. Para a utilização por usuários leigos em geoprocessamento, o sistema foi também organizado em TerraView, pois ele cria mapas

² MP Engenharia – Urbanista Zenilton Patrocínio

temáticos para visualização de maneira bem simples, como demonstrado no **Mapa 2**. Assim, diferentes níveis na hierarquia de usuários podem ser contemplados.



Mapa 2 – Mapa temático da Distribuição dos Setores Censitários do distrito de Ouro Preto no software TerraView

A idéia de criação do SIG voltado para as informações sistemáticas do distrito foi entendida como uma grande demanda por parte dos órgãos administrativos e como uma ferramenta de auxílio à gestão participativa dos recursos da localidade por parte dos moradores.

Em função dos objetivos de caracterização da realidade municipal das áreas de estudo, foi definida a seguinte coleção mapas temáticos:

- Característica dos Habitantes – Afabetizados com 5 ou mais anos de idade,
- Cobertura do Solo 2001,
- Cobertura do Solo 1988 e 2001,
- Declividades,
- Densidade Demográfica 2000,
- Evolução Urbana,
- Faixas de Domínio das Rodovias e Ferrovias,
- Característica dos Habitantes – Faixa Etária 0 a 14 Anos de idade,
- Característica dos Habitantes – Faixa Etária 15 ou mais Anos de idade,
- Faixas de Domínio da Hidrografia,
- Mancha Urbana – Imagem Quickbird,
- Hidrografia,

- Hipsometria,
- Condições dos domicílios por Setor Censitário- Infra-Estrutura,
- Imagem Landsat,
- Malha Viária,
- Característica dos Habitantes – Não Afabetizados com 5 ou mais anos de idade,
- Perímetro Urbano x Área urbanizada,
- Planta de Situação,
- Condições dos domicílios por Setor Censitário - Casa, Apartamento, Alugados,
- Condições dos domicílios por Setor Censitário - Coletivo, Quitado, Cedido,
- Condições dos domicílios por Setor Censitário – Propriedade Particular Permanente,
- Característica dos Habitantes – Renda Média Chefe de Família (Salário Mínimo 2006),
- Rodovias e Ferrovias,
- Setores Censitários,
- Característica dos Habitantes – Sexo,
- Uso do Solo Urbano,

A partir de procedimentos de álgebra de mapas, foram compostas sínteses que resultaram nas análises:

- Áreas de Proteção Permanente,
- Áreas de Proteção Permanentes – Detalhe da Mancha Urbana de 2002,
- Áreas de Conflito APP x Uso do Solo 2001,
- Áreas de Conflito APP x Uso do Solo 1988 e 2001,
- Crescimento Urbano x Potencial de Expansão,
- Potencial de Expansão Urbana,
- Potencial de Expansão Urbana – Mancha Urbana 2001.

4.2. Organização da base de dados alfanumérica

Os dados alfanuméricos da microrregião a qual pertence o município estudado foram adquiridos em forma tabelas no *site* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referentes ao censo de 2000 e do Sistema Nacional de Indicadores Urbano (SNIU) do Ministério das Cidades, que trazem indicadores de 5507 municípios do país referentes aos seguintes temas: caracterização municipal; demografia; perfil sócio-econômico da população; atividades econômicas; habitação; saneamento básico; transporte urbano; gestão urbana e eleições. Esses dados foram adquiridos através do software SNIU

disponibilizado pelo Ministério das Cidades e exportados para o formato Microsoft Excel, para que fossem preparados para serem importados para o software TerraView, onde foi organizado todo o banco de dados de cada município estudado.

As tabelas alfanuméricas foram importadas para o software TerraView, juntamente com os vetores dos limites dos municípios constituintes da microrregião a qual o município pertence. O limite do município, retirado da base cartográfica de dados do Programa de Uso Integrado de Geoprocessamento pelo Governo de Minas Gerais (GEOMINAS), foi importado para o TerraView em formato *shapefile* e anexado às tabelas tendo como indexador o código IBGE dos municípios.

O mesmo procedimento foi empregado para compor uma base de setores censitários rurais e urbanos, aos quais foram associados dados do IBGE. Foi preciso refazer algumas edições das delimitações dos setores censitários, devido à grande diferença entre os desenhos dos limites dos setores urbanos e rurais, certamente vetorizados pelo IBGE a partir de diferentes escalas.

4.3. Organização da base de dados vetoriais

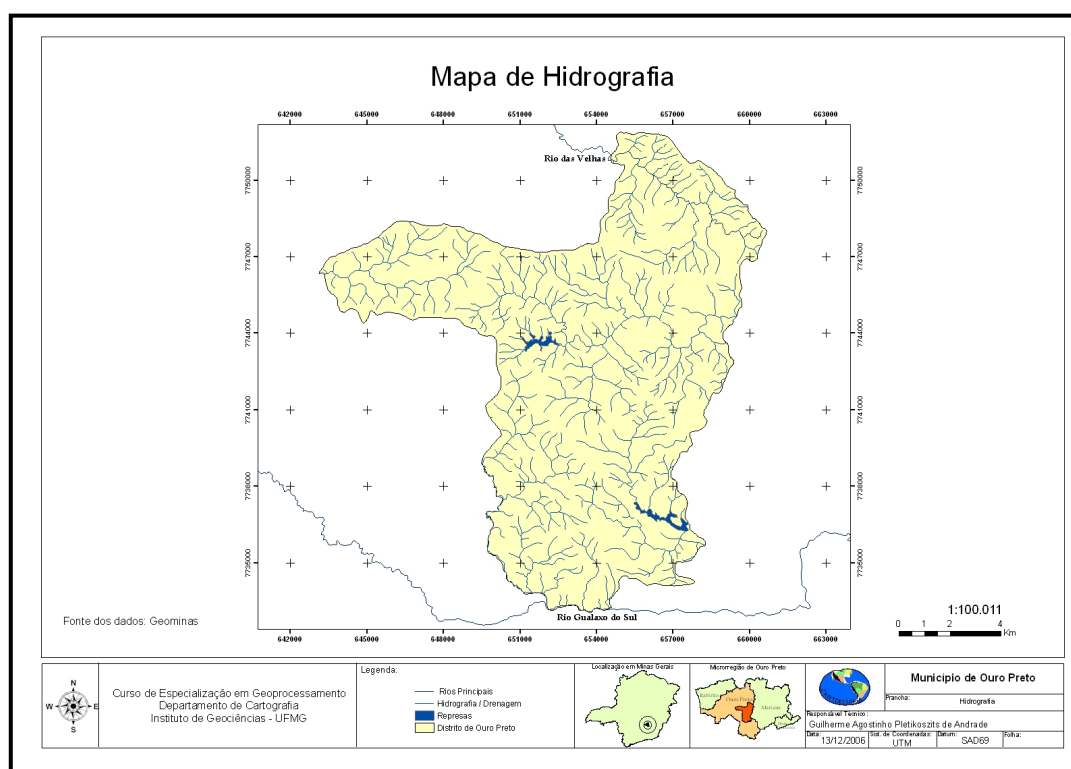
Após o tratamento e armazenamento de dados alfanuméricos, o passo seguinte foi processar todas as bases vetoriais. Inicialmente, foram armazenados os dados da categoria cadastral, com a utilização do software SPRING.

O primeiro *layer* foi a hidrografia (**Mapa 3**). Utilizou-se a base do GEOMINAS de 1:50.000. O segundo arquivo vetorial inserido foi a camada de Rodovias (**Mapa 4**). Essa base foi adquirida no Departamento de Estradas e Rodagens de Minas Gerais (DER-MG) e possui a escala de 1:10.000. O último *layer* desse gênero cadastral foi o de arruamento (**Mapa 5**), cujos dados foram cedidos pelo IGA-MG. Para a conferência dos dados de quadras e ruas, foram utilizadas as imagens Quickbird adquiridas através do software GoogleEarth.

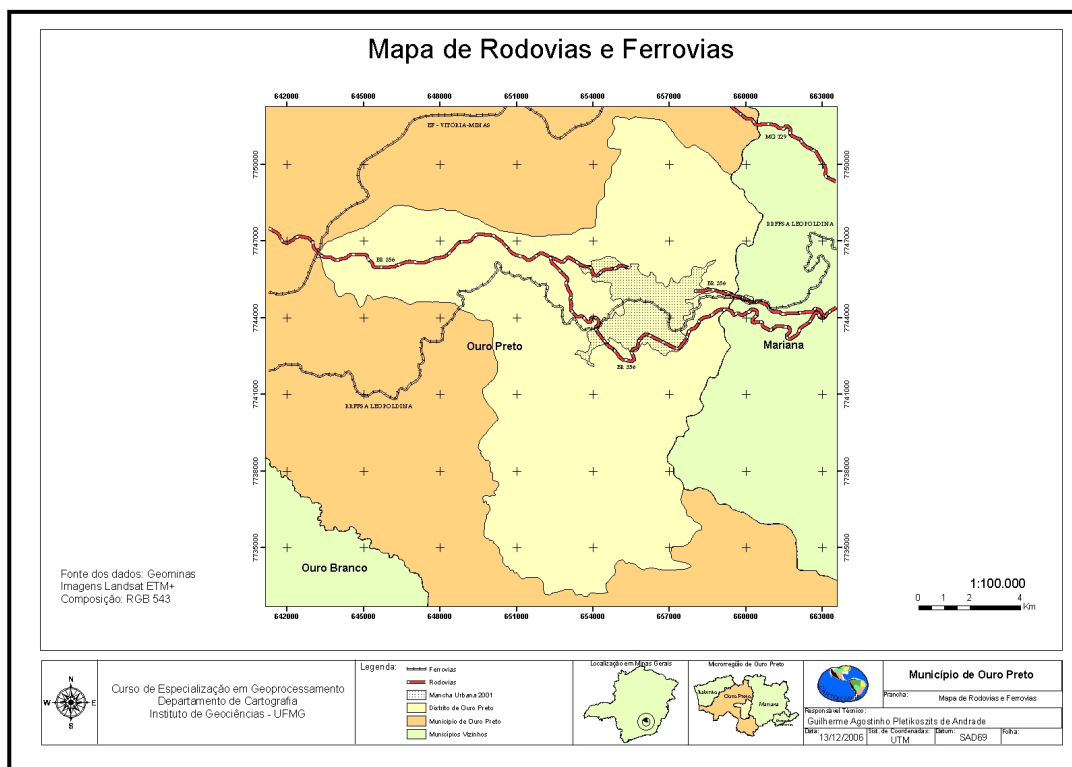
Originalmente as imagens do Satélite Quicbird possuem 60 cm de resolução espacial, porém o procedimento utilizado para capturar as imagens do software GoogleEarth não

permitiu uma resolução final abaixo de 2 m, como será explicado na seção referente ao Processamento Digital de Imagens.

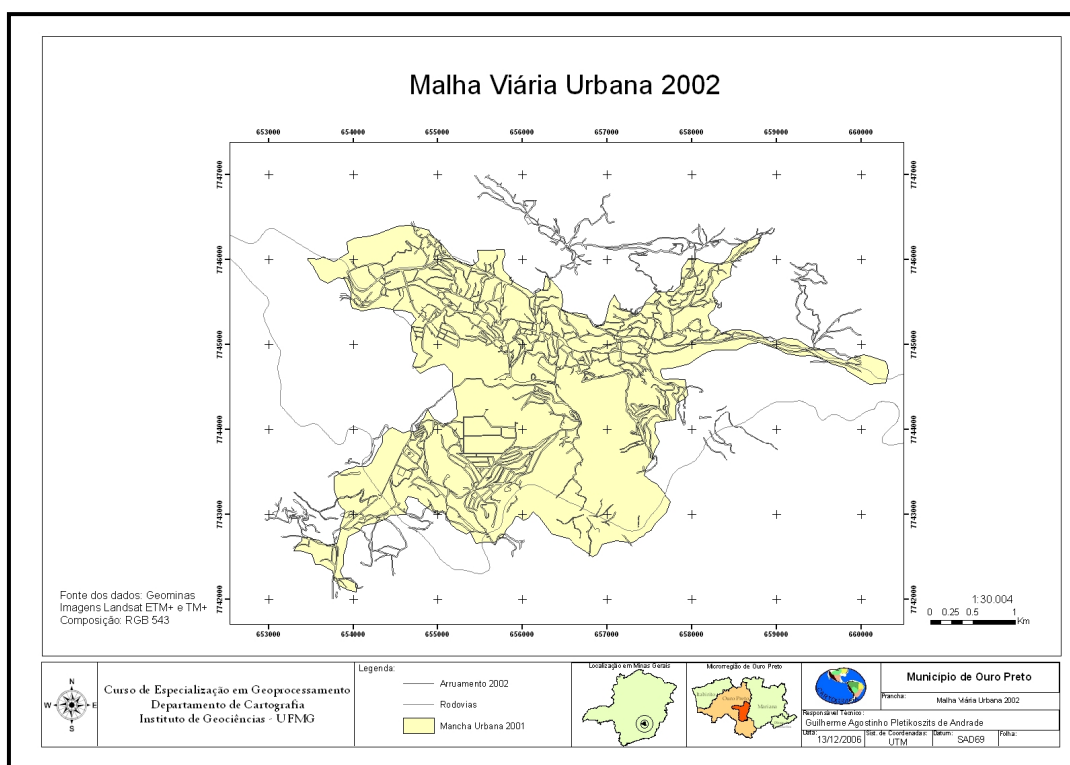
Foram também armazenadas informações relativas as curvas de nível e pontos cotados, adquiridas da base de dados do GEOMINAS, na categoria MNT, visando à construção de representações topográficas. Em etapa posterior, foi testada a qualidade das informações topográficas obtidas pelo SRTM, chegando-se à conclusão de que elas atenderiam às aplicações necessárias.



Mapa 3 – Hidrografia / Drenagem



Mapa 4 – Rodovias e Ferrovias

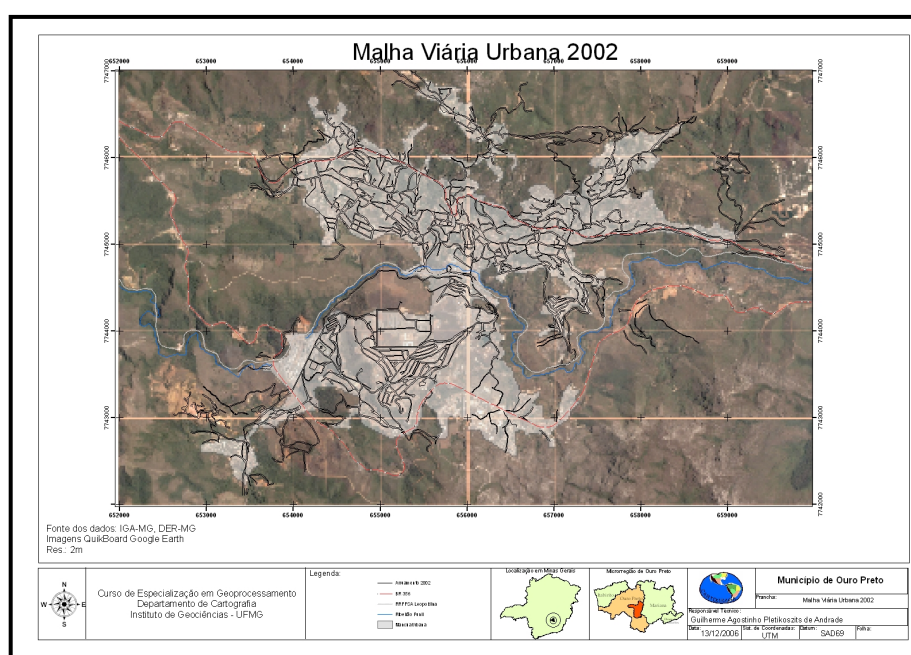


Mapa 5 – Malha Viária Urbana 2002

4.4. Processamento digital de imagens

Com a finalização do trabalho com os arquivos vetoriais, iniciou-se o trabalho com as imagens. Definiu-se em quais objetivos pretendia-se chegar com as imagens e os processamentos que elas permitem fazer. As imagens escolhidas e utilizadas foram as imagens Landsats TM de 1988 e ETM+ de 2001 retiradas do site da universidade de Maryland, a imagens *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), adquiridas no site da EMBRAPA e as imagens do satélite QuickBird retiradas do software Google Earth.

O aproveitamento de dados do Google Earth exigiu alguns testes até a obtenção de uma imagem que permitisse o apoio à identificação de ocorrências de ocupação do solo. O Google Earth disponibiliza as imagens de forma que ao serem georreferenciadas, acompanham a deformação devida à curvatura da terra. Para conseguir utilizar as imagens, foi preciso criar um quadrante de quarenta cenas na escala 1:1000 em formato vetorial no software Mapinfo em formato *kml*. É necessário que a opção “*Terrain (Primary Database)*” esteja desabilitada no software Google Earth para que a imagem seja facilmente georreferenciada sem distorções a partir de coordenadas em LAT/LONG WGS84. Após a aquisição das imagens Quickbird, foi utilizado o software Photoshop para fazer o mosaico das quarenta cenas para que então fosse feito o georreferenciamento desse mosaico no software ENVI 4.0 (**Mapa 6**).



Mapa 6 – Malha Viária Urbana 2002 e mancha urbana atualizada pela imagem Quickbird.

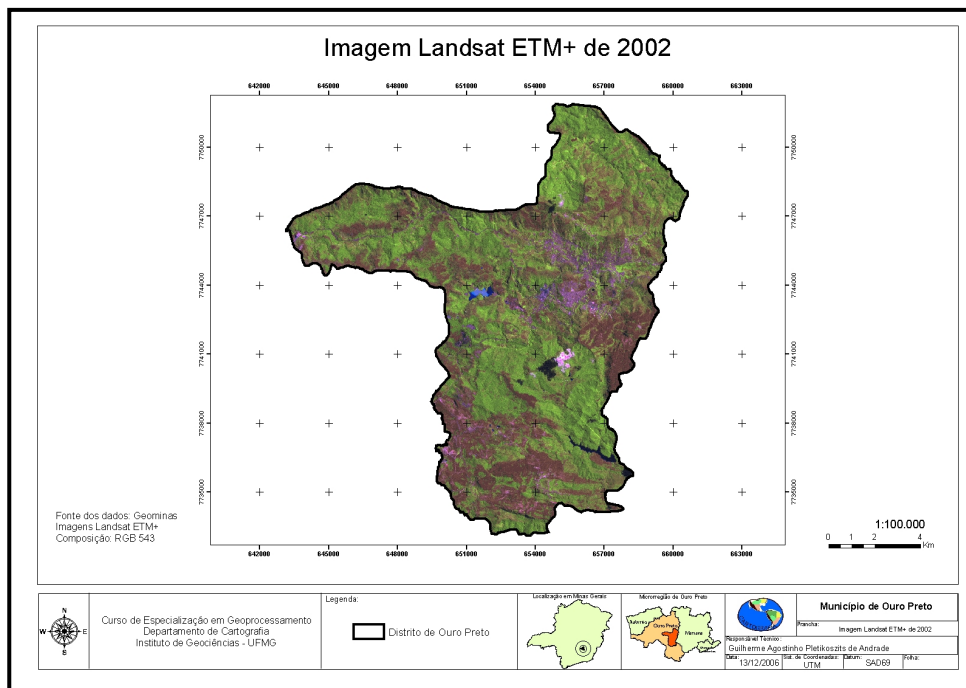
Para o processamento das imagens Landsat, segundo Novo (1992, p.167), no caso do processamento normal, devemos escolher os canais a serem utilizados. No processamento colorido, temos que selecionar a combinação de canais desejada.

Após testes de configurações, foi escolhida tanto para as imagens TM de 1988, quanto para as imagens ETM+ de 2001, a configuração RGB (Canais *Red*, *Green* e *Blue*) nas bandas 543 respectivamente das imagens adquiridas, por apresentar uma resposta de cores falsas semelhantes às cores reais. Foram identificadas as classes de vegetação, águas, zona urbana, solo exposto, afloramentos rochosos, plantio e campo.

Com as imagens devidamente configuradas no software SPRING, foi necessário a realização do procedimento de realce na imagem, onde basicamente é realizado a distribuição uniforme dos tons de cinza de cada canal de cor, para que os detalhes das imagens sejam visualizados com maior facilidade.

Após o procedimento de realce, foi realizada a fusão das bandas 5, 4 e 3, que possuem 30 metros de resolução espacial, na imagem pancromática (Banda 8) que possui 15 metros de resolução. Esse procedimento só foi possível para as imagens Landsat ETM+ pois apenas essa versão de satélite Landsat possui a banda Pancromática.

O procedimento de fusão consiste na conversão das imagens no formato RGB para o formato *Intensity, Hue and Saturation* (IHS) utilizando o respectivo algoritmo para conversão de imagens RGB para IHS e IHS para RGB do SPRING, após isso, é feita a adição da banda pancromática ETM+ no canal I e então, é feita a escolha da resolução desse mesmo canal na conversão IHS para RGB. O resultado, é uma imagem com resolução espacial de 15 metros e é apresentado no **Mapa 7**.



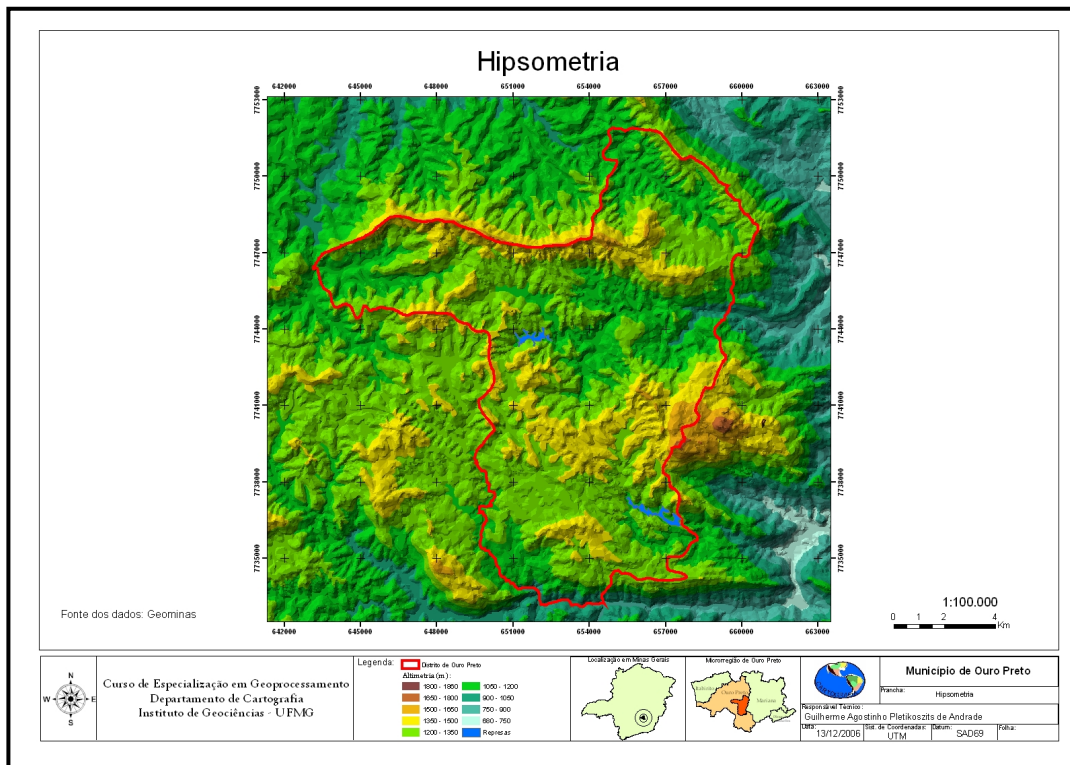
Mapa 7 – Imagem Landsat ETM+ de 2002 com Fusão

4.5. Processamento das informações

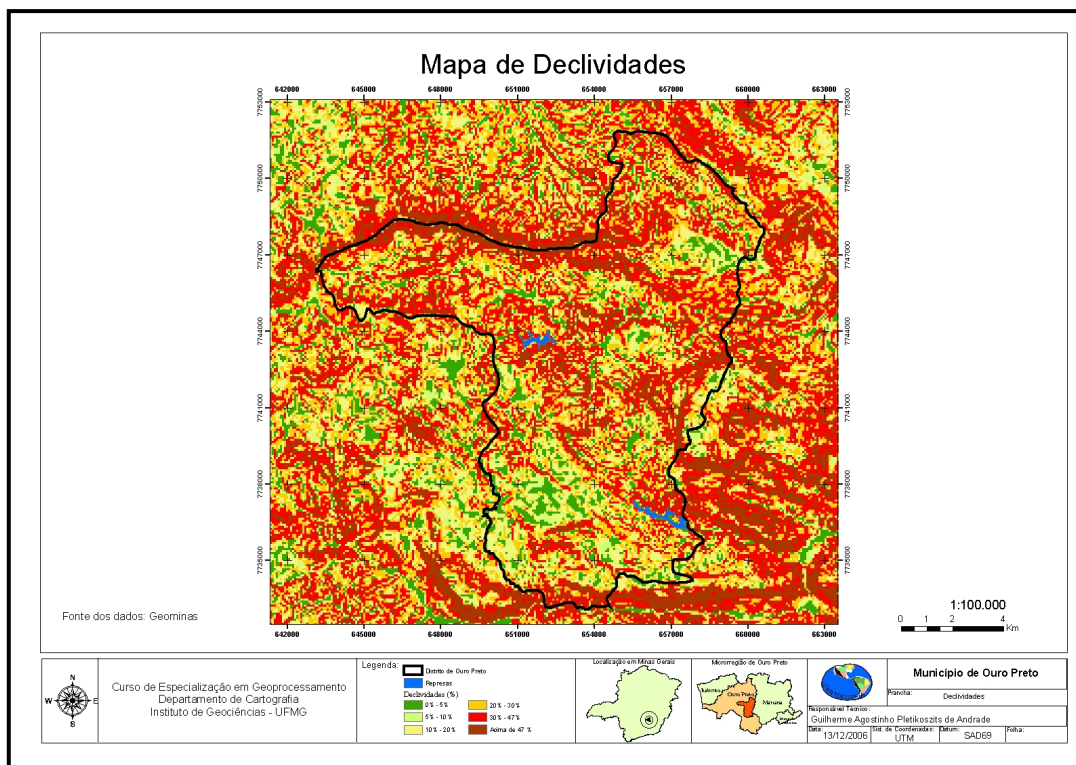
Com a entrada de todos os dados primários no SPRING, iniciou-se a construção das informações processadas.

4.5.1. Mapa Hipsométrico e de Declividades

O Mapa Hipsométrico foi criado a partir das curvas de nível disponibilizadas pelo GEOMINAS na escala de 1:50.000 e o Mapa de Declividade, a partir do mapa hipsométrico utilizando a ferramenta de geração de declividades do software Spring. Para os municípios que não contam com base vetorial GEOMINAS em escala 1:50.000, podem ser utilizadas as informações para modelagem numérica de terreno obtidas a partir do tratamento das imagens SRTM. A seguir, no **Mapa 8**, está o exemplo de mapa hipsométrico do município de Ouro Preto e no **Mapa 9**, o exemplo de mapa de declividades do mesmo município.



Mapa 8 – Hipsometria do distrito de Ouro Preto

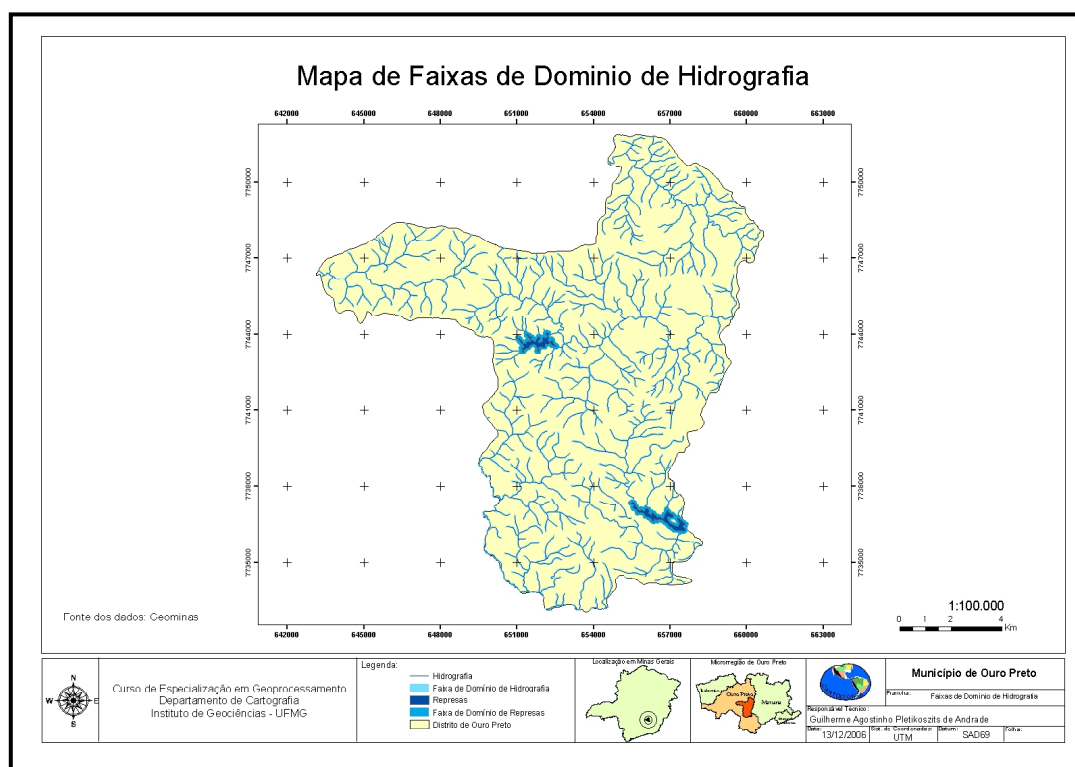


Mapa 9 – Mapas de Declividades do Município de Ouro Preto

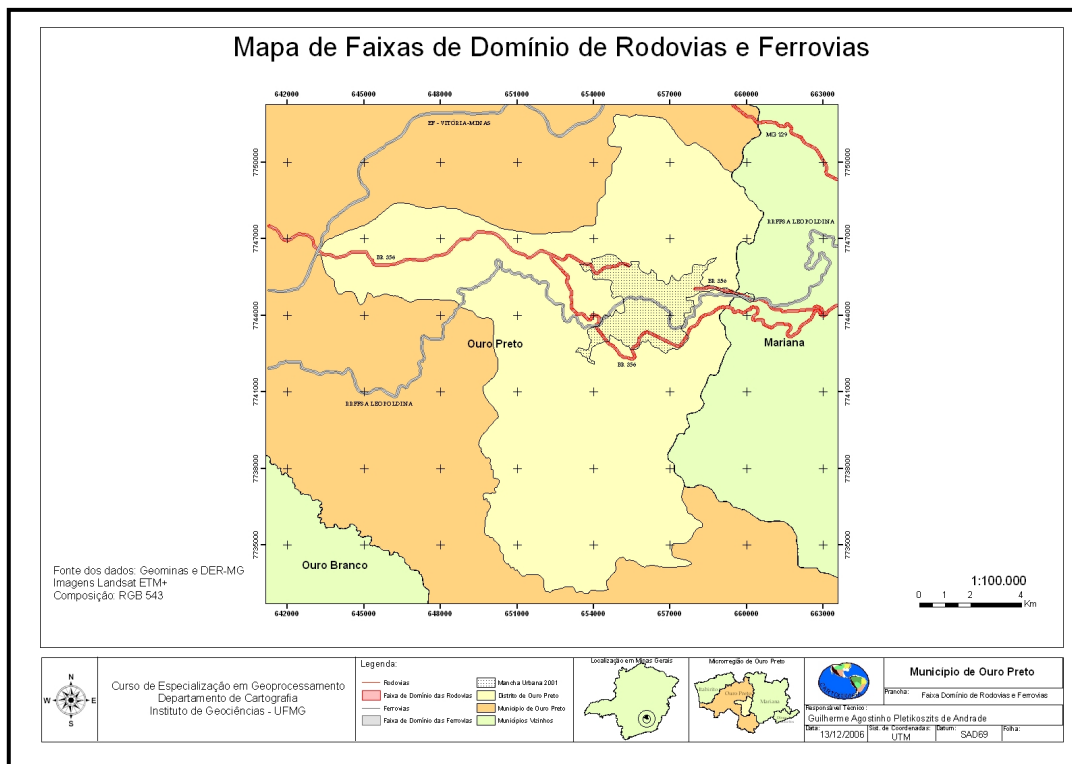
4.5.2. Faixa de domínio de Hidrografia, Rodovias e Ferrovia

Os Mapas de faixa de domínio de Hidrografia (**Mapa 10**), Rodovias e Ferrovias (**Mapa 11**) foram gerados tendo em vista lei Lei 4.771 de 1965 (Brasil, 1965), onde foi utilizado o aplicativo de geração de *buffers* do software SPRING nos vetores respectivos aos planos de informação (PIs) de hidrografia, rodovias e ferrovias que estão contidas nos limites do Distrito de Ouro Preto.

Antes da aplicação dos *buffers* foi realizado o recorte dos planos de informação citados, utilizando como máscara o Limite do Distrito de Ouro preto. O único plano de informação que extrapola esse limite e se restringe ao limite do retângulo envolvente utilizado no projeto é o PI dos rios mais importantes do distrito, pois os mesmos são tangentes ao limite do distrito e não apareceriam se fossem recortados utilizando a mesma máscara.



Mapa 10 – Faixas de domínio de Hidrografia



Mapa 11 – Faixas de Domínio de Rodovias e Ferrovias

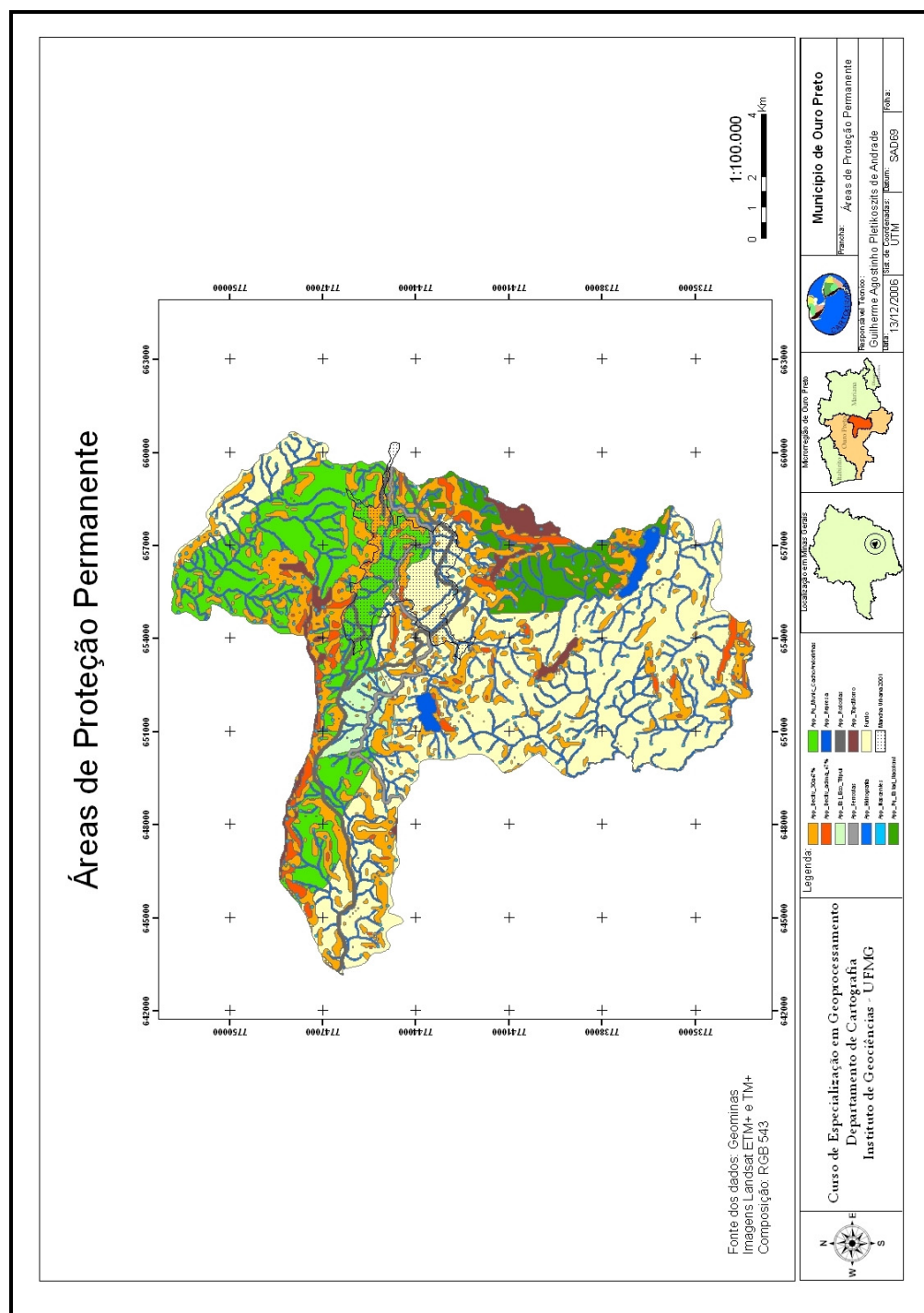
4.5.3. Áreas de Proteção Permanente

As Áreas de Proteção Permanente (APPs) foram levantadas levando em consideração o Código Florestal (Lei 4.771 de 1965) (Brasil, 1965) que determina que as APPs devem ser constituídas pelo buffer de 30 metros para os rios (há variação da faixa em função da largura do rio), 50m para nascentes, 50 metros para as rodovias e ferrovias, 100 metros para as represas, os topos de morro (o último terço de diferença altimétrica entre ponto mais baixo e ponto mais alto da encosta), declividades acima de 45% e unidades de conservação. Complementar a esta lei, está a Lei 6766 de 1979, que regulamenta a ocupação urbana e define as áreas “*non aedificandi*”. A referida lei estabelece que áreas com declividades superiores a 30% são não edificáveis. Contudo, há uma brecha que deixa a critério dos municípios a aceitação da ocupação da faixa de declividade entre 30 e 47% desde que seja apresentado laudo geotécnico, e restringe totalmente a ocupação das declividades acima de 47%.

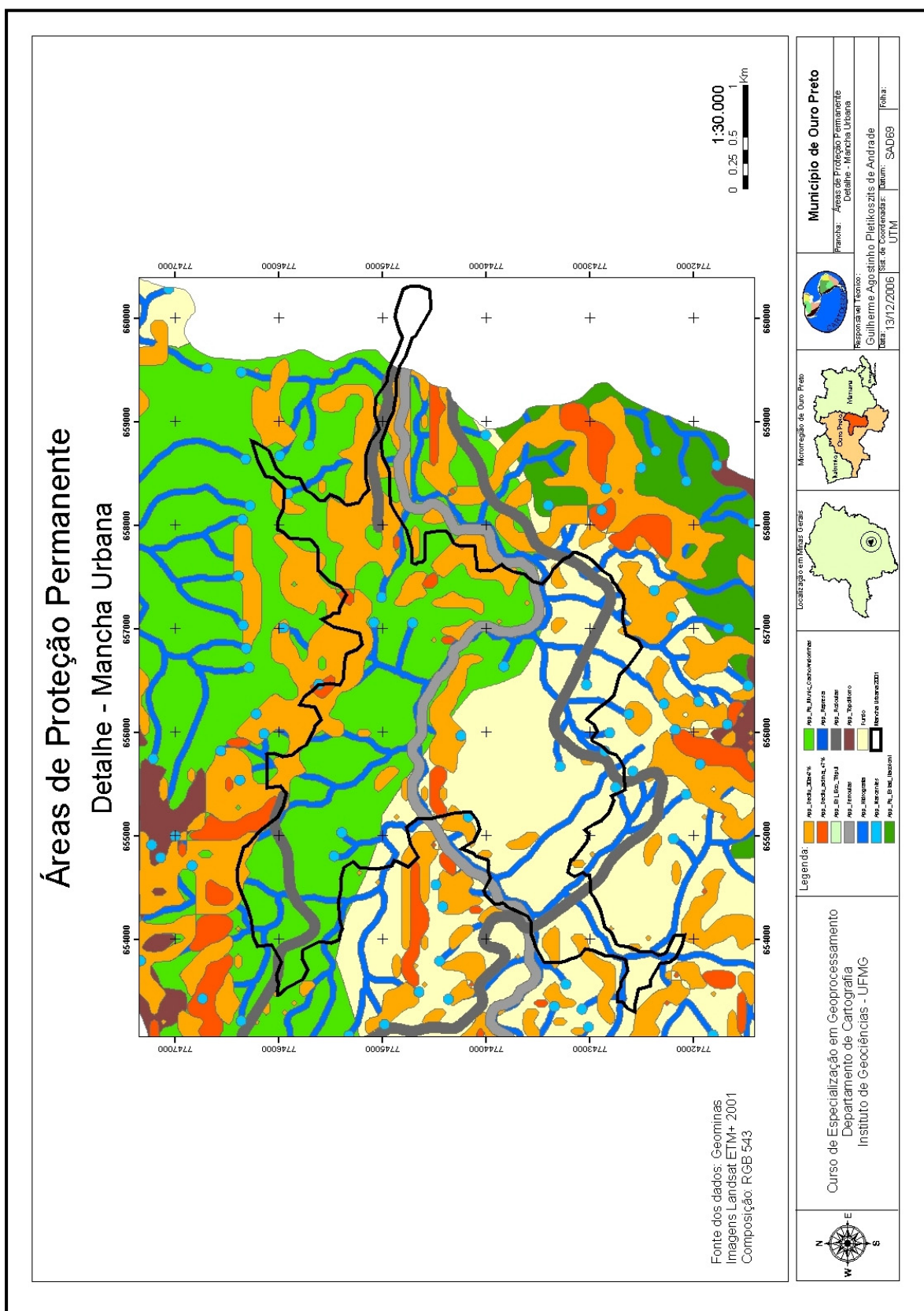
Foram construídos mapas de APPs destacando os topos de morro (construídos com o apoio do Modelo Numérico de Terreno do Spring e aplicativo próprio para este fim), as declividades entre 30 e 47% e acima de 47% (também construídas com o apoio de

aplicativos de modelo numérico de terreno), as áreas de unidades de conservação e os *buffers* de rios, estradas e cabeceiras, conforme exemplificado no **Mapa 12**.

No **Mapa 13** são apresentadas as Áreas de Proteção Permanente com detalhe para mancha urbana de 2002, para que sejam identificadas as impedências e tolerâncias à expansão urbana nos limites da cidade.



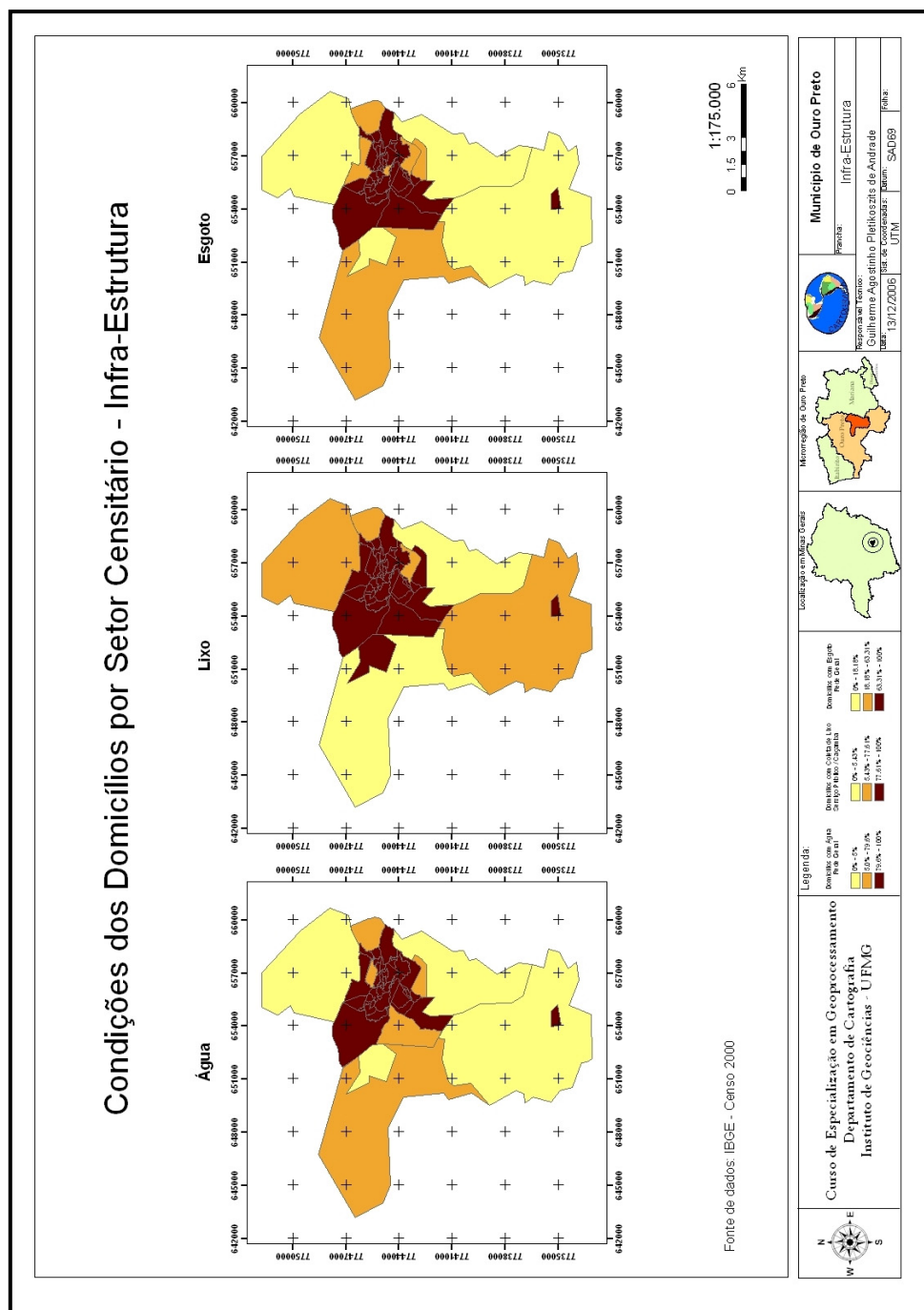
Mapa 12 – Mapa de APPs do Município de Ouro Preto



Mapa 13 – Áreas de Proteção Permanente com Detalha para a mancha Urbana de 2001

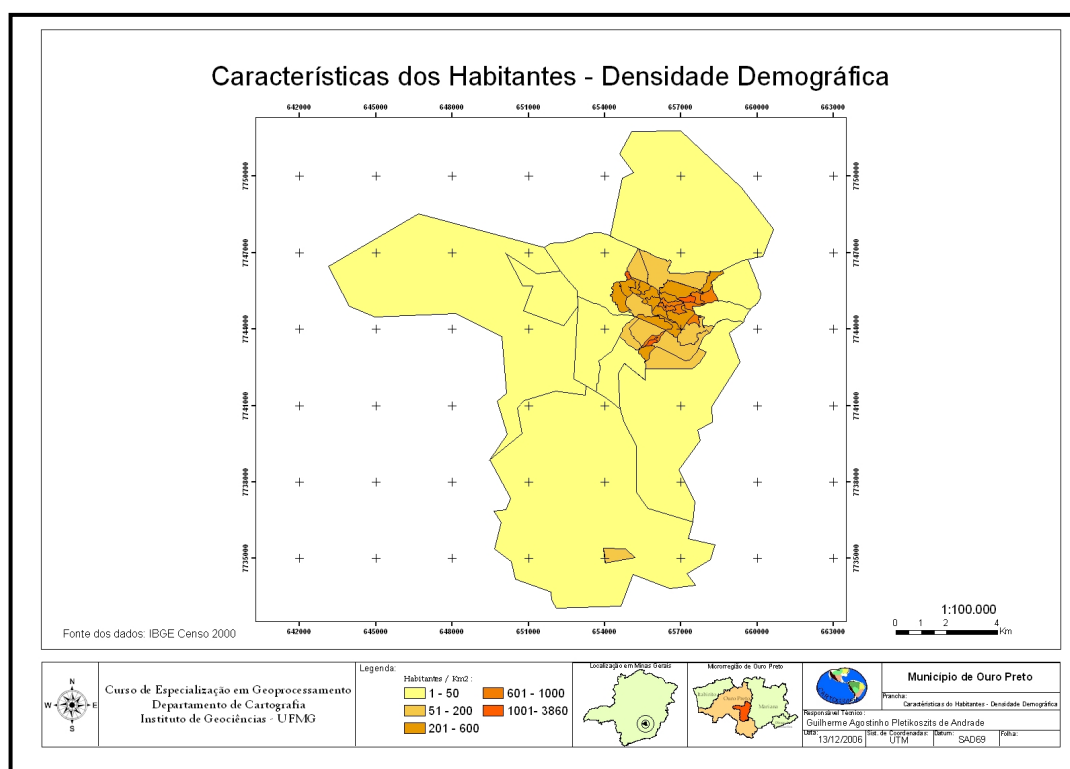
4.5.4. Censo 2000 IBGE

O Mapa de Infra-Estrutura foi gerado a partir das tabelas dos setores censitários de 2000 do IBGE. Foram produzidas muitas análises temáticas, mas com atenção especial nas informações relativas à presença e tipo de rede de água, coleta de lixo e esgotamento sanitário, como mostra o **Mapa 14**.

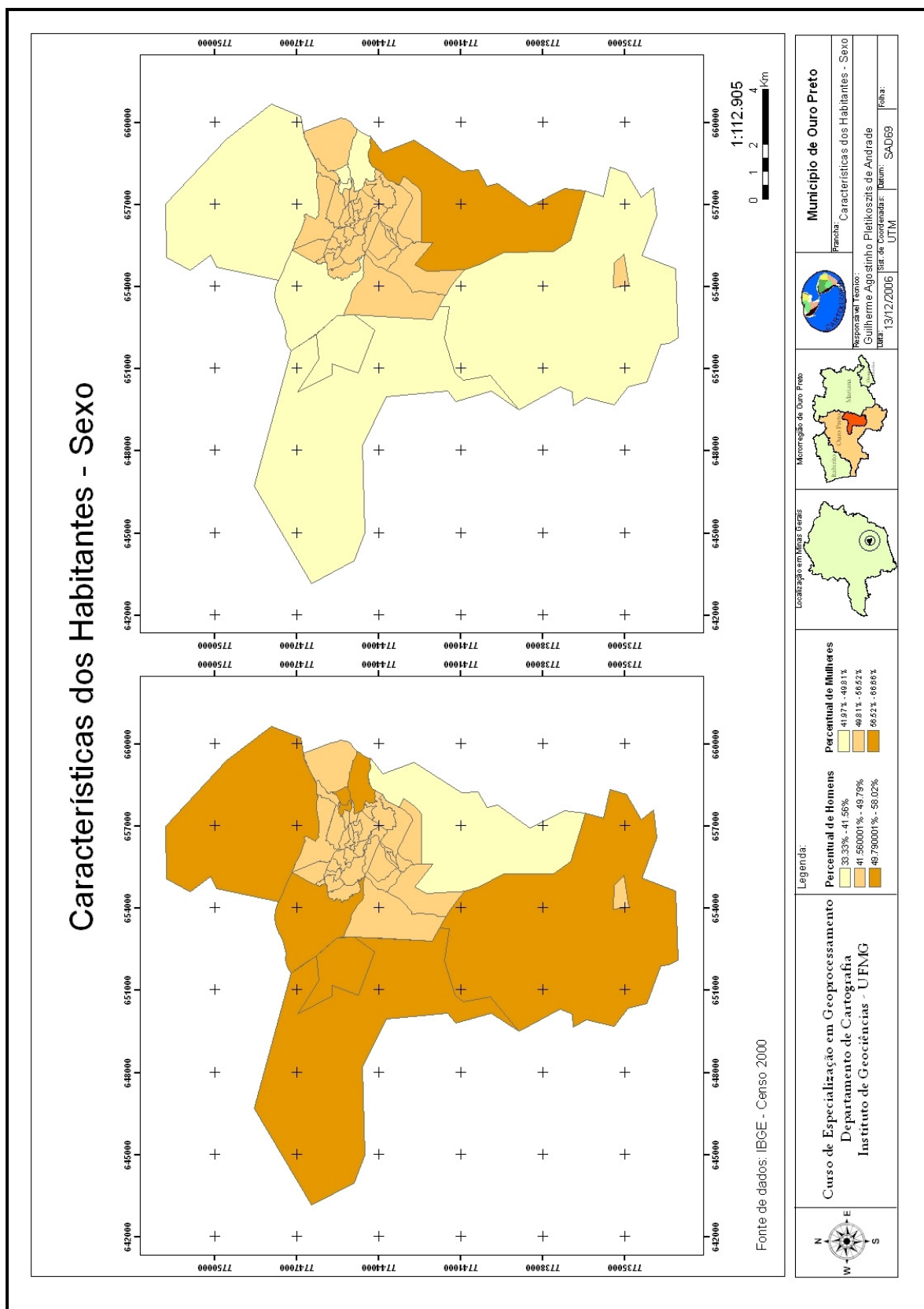


Mapa 14 – Infra-Estrutura nos Setores Censitários do Distrito de Ouro preto

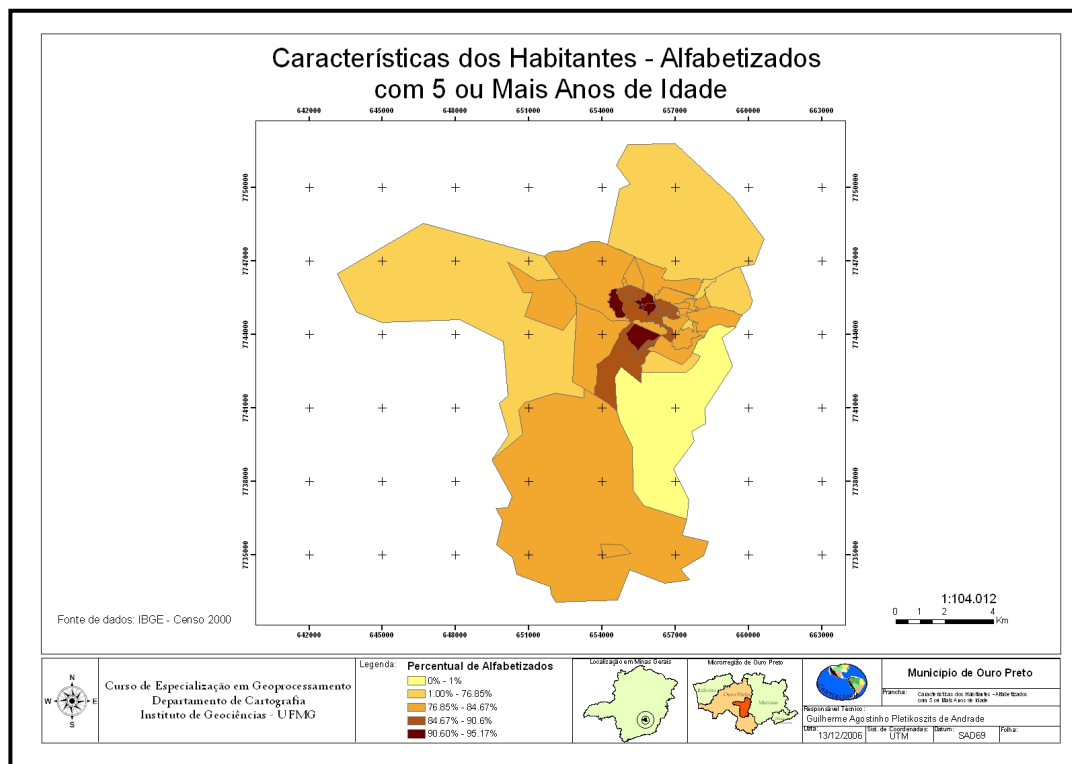
Outros mapas temáticos produzidos a partir das análises do Censo 2000 do IBGE serão apresentados e são referentes à Densidade Demográfica (**Mapa 15**), caracterização dos habitantes por sexo (**Mapa 16**), caracterização dos habitantes por escolaridade – Alfabetos com 5 ou mais anos (**Mapa 17**), caracterização dos habitantes por escolaridade – Não-Alfabetizados com 5 ou mais anos (**Mapa 18**), caracterização dos habitantes por faixa etária de 0 a 14 Anos de idade (**Mapa 19**), caracterização dos habitantes por faixa etária de 15 ou mais Anos de idade (**Mapa 20**), condições dos domicílios por setor censitário - Coletivo, Quitado, Cedido (**Mapa 21**), condições dos domicílios por setor censitário - Casa, Apartamento, Alugados (**Mapa 22**), condições dos domicílios por setor censitário - Propriedade Particular Permanente (**Mapa 23**) e caracterização dos habitantes – Renda Média do Chefe de Família (Salário Mínimo 2006) (**Mapa 24**).



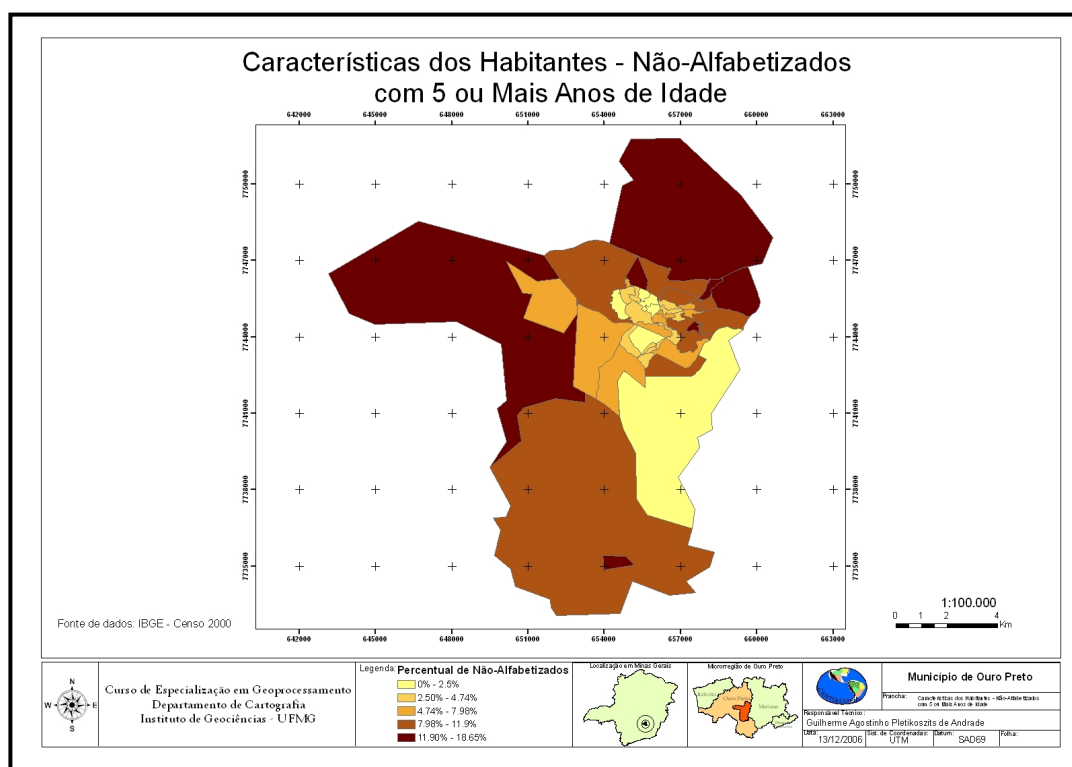
Mapa 15 – Densidade Demográfica de Ouro Preto



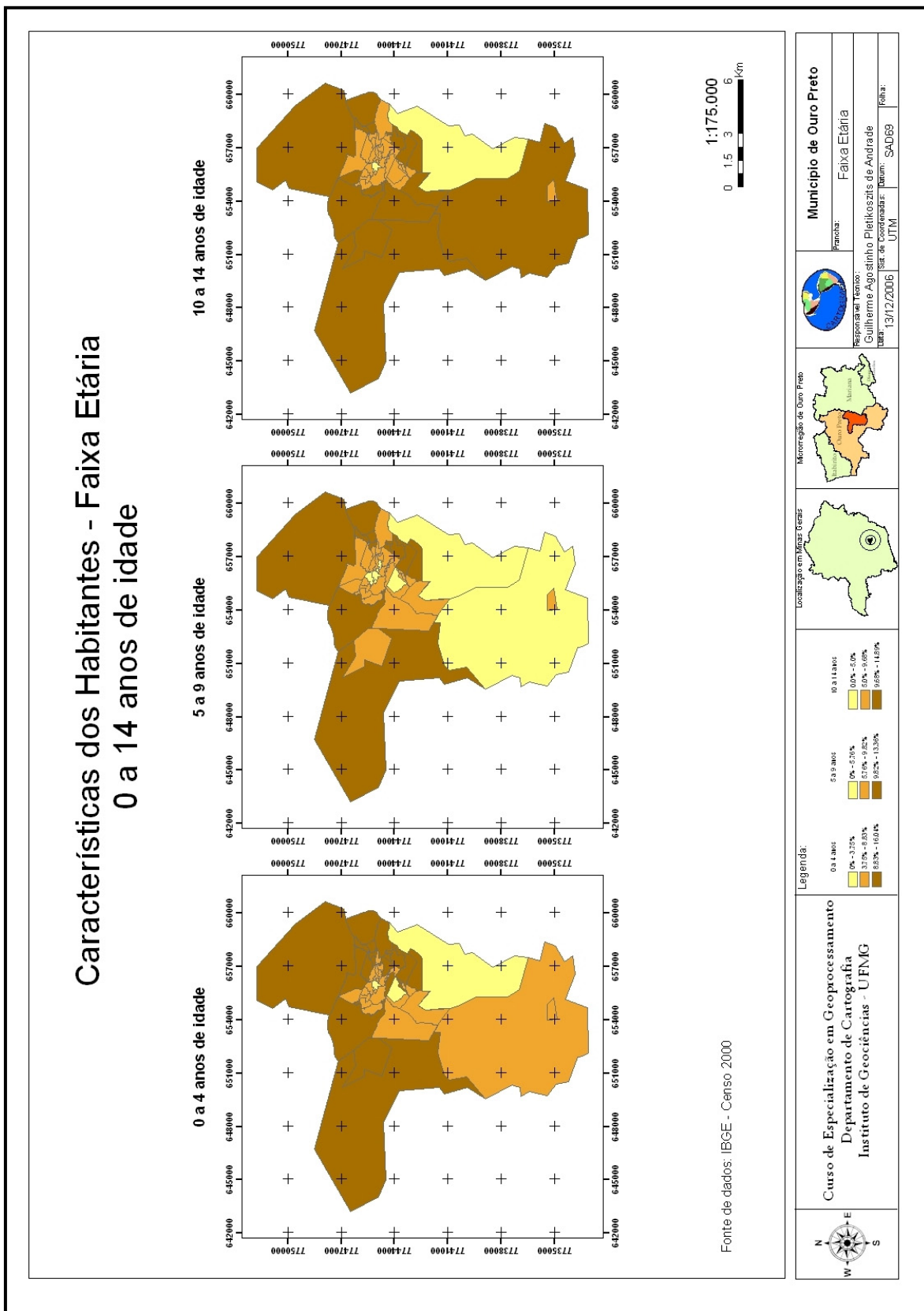
Mapa 16 – Caracterização dos Habitantes por Sexo



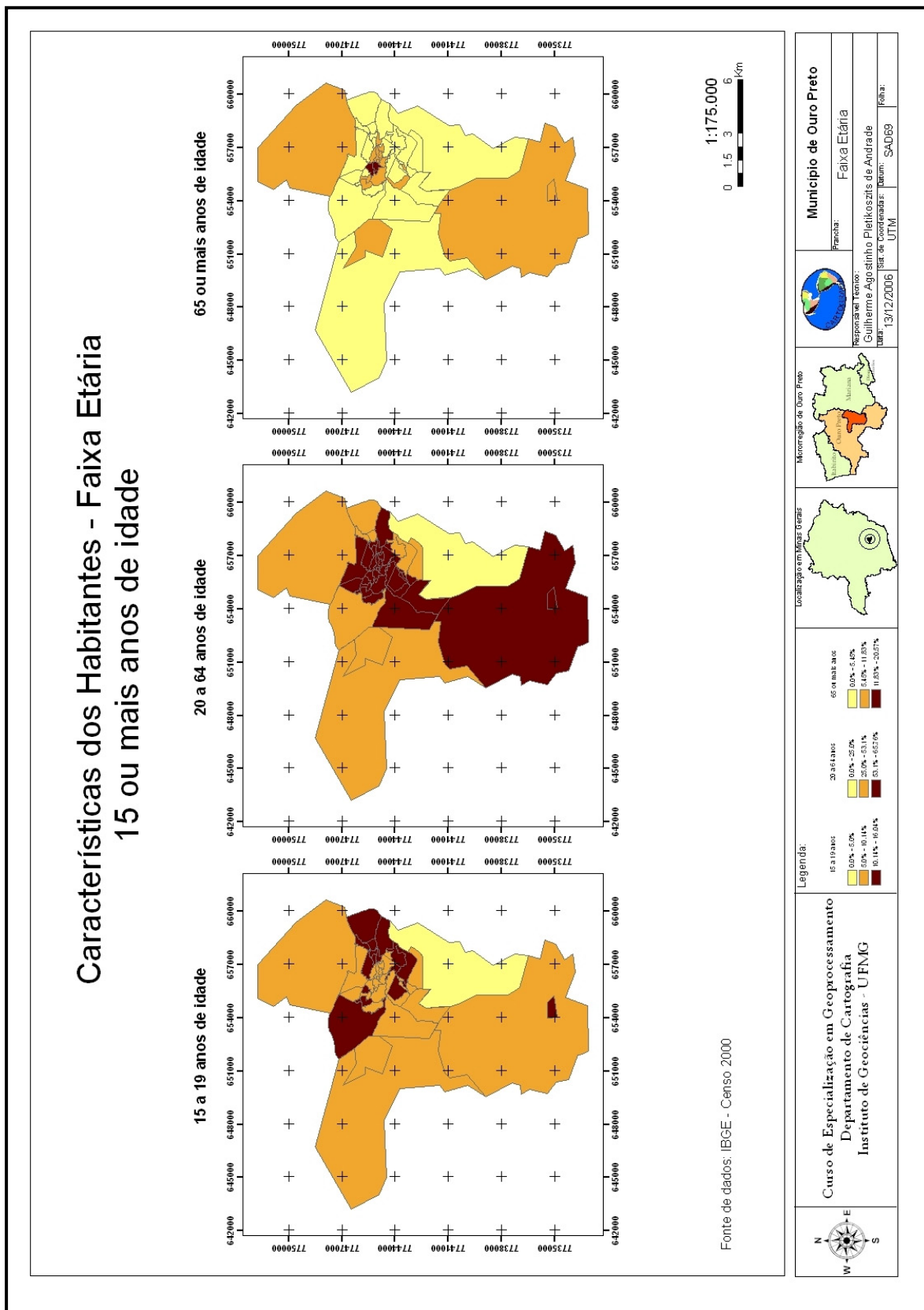
Mapa 17 - Caracterização dos Habitantes por Escolaridade – Alfabetos com 5 ou mais anos



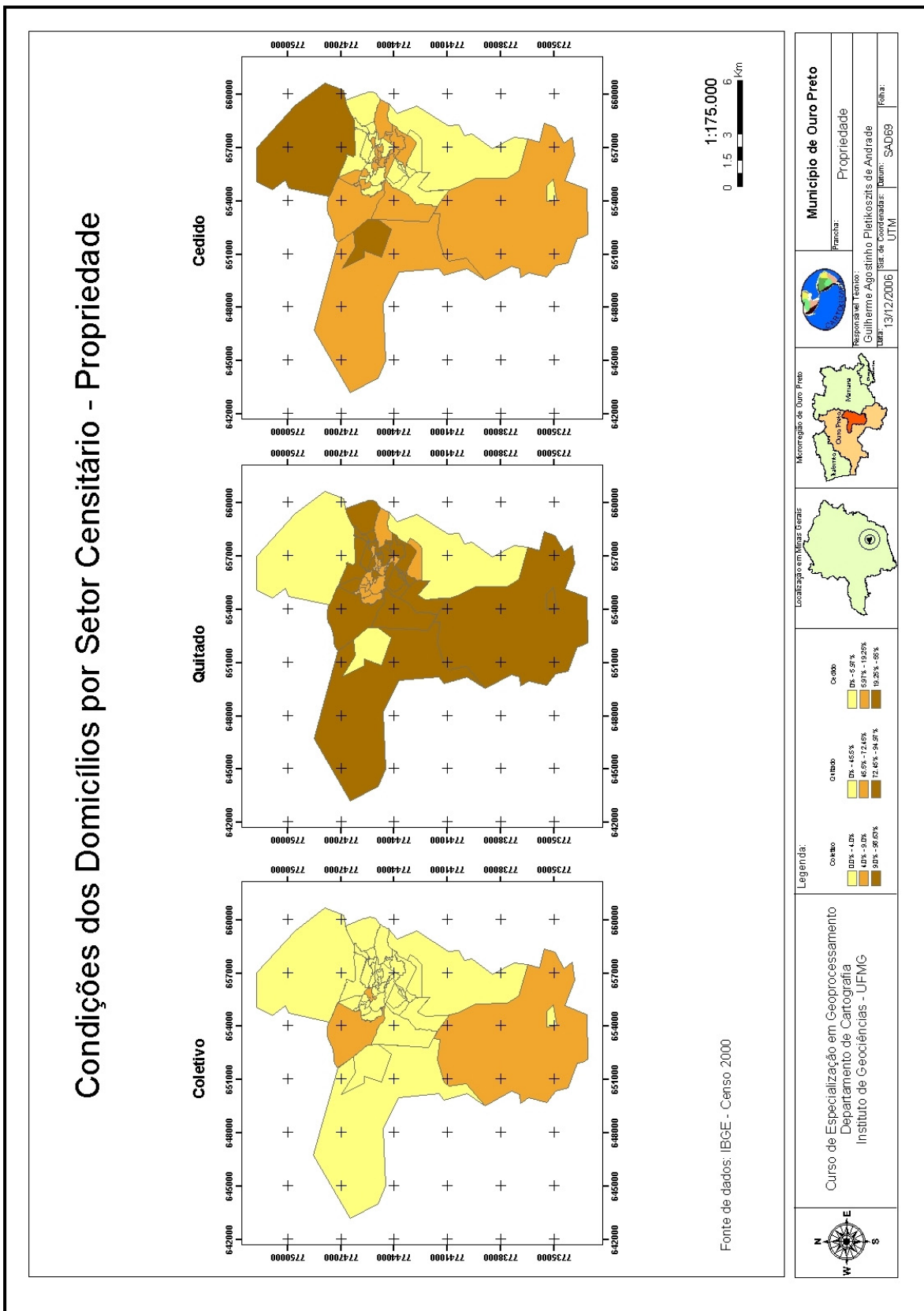
Mapa 18 - Caracterização dos Habitantes por Escolaridade – Analfabetos com 5 ou mais anos



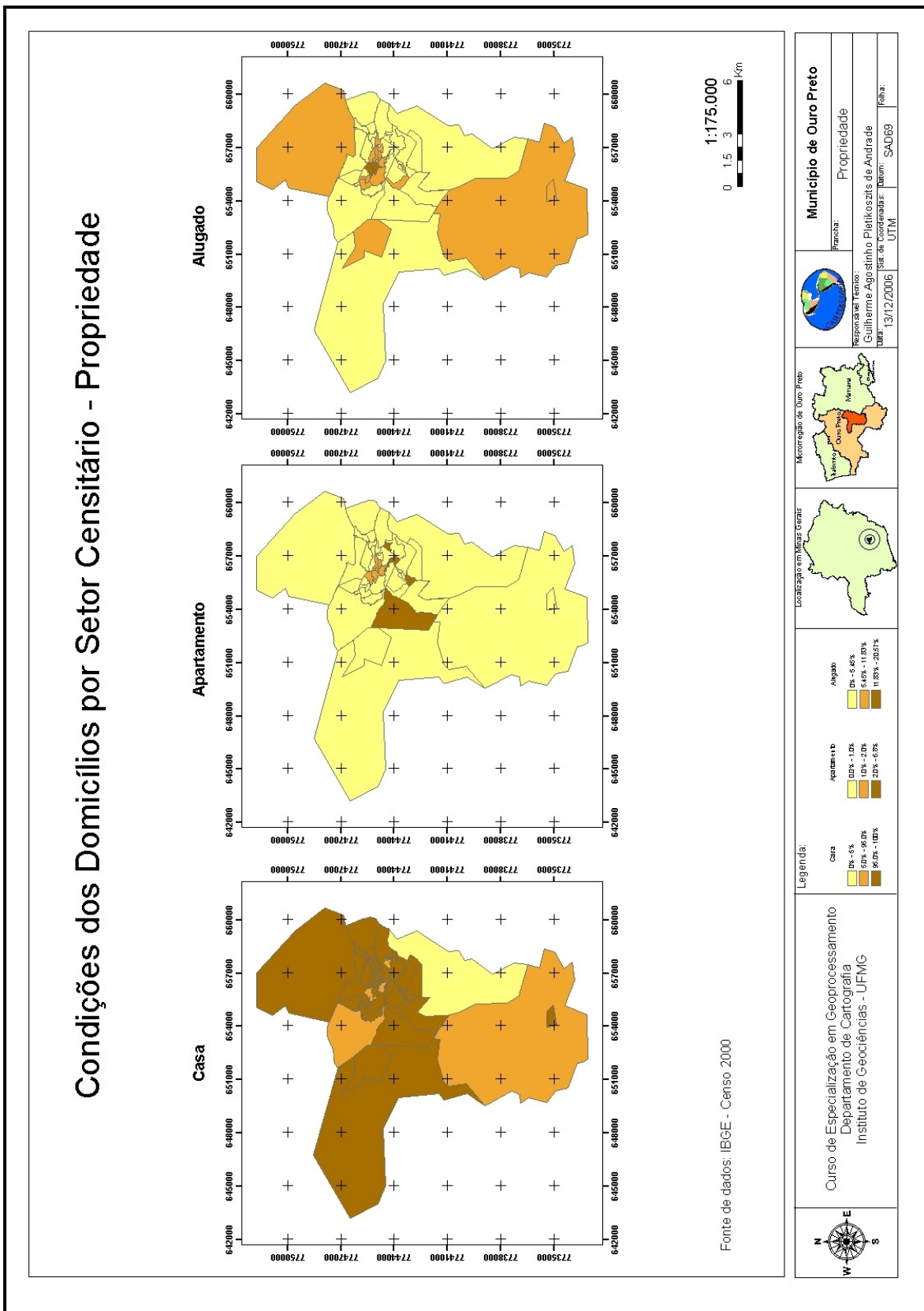
Mapa 19 - Caracterização dos Habitantes por Faixa Etária de 0 a 14 Anos de idade



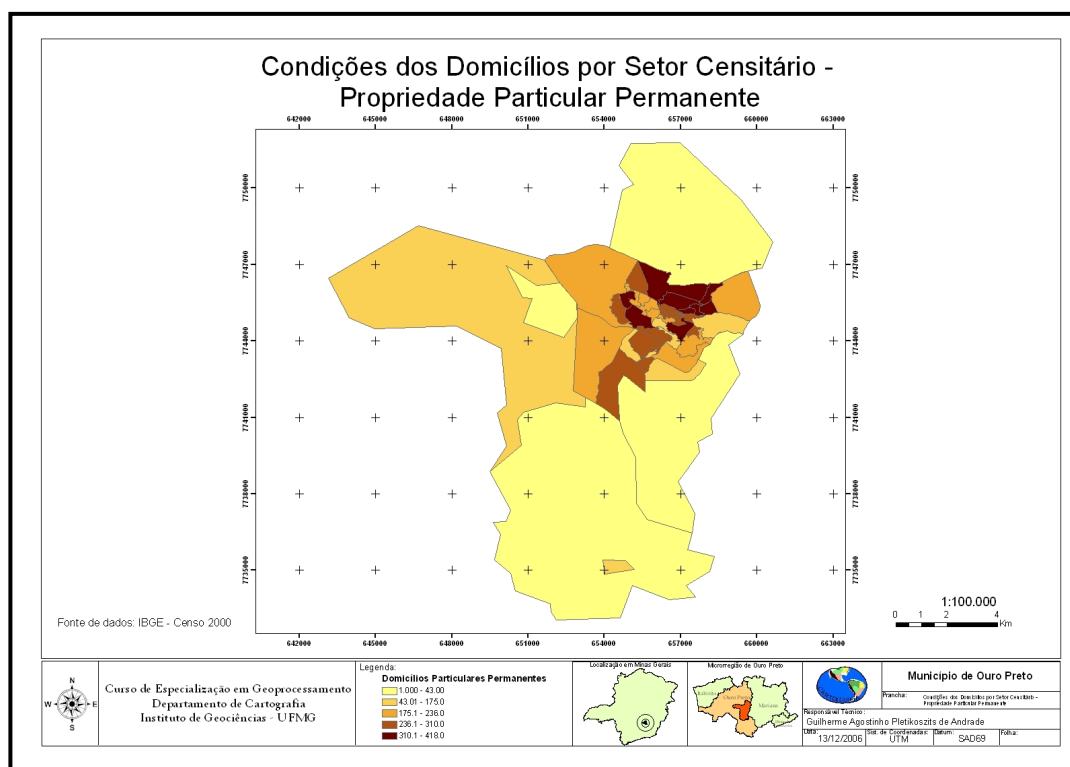
Mapa 20 - Caracterização dos Habitantes por Faixa Etária de 15 ou mais anos de idade



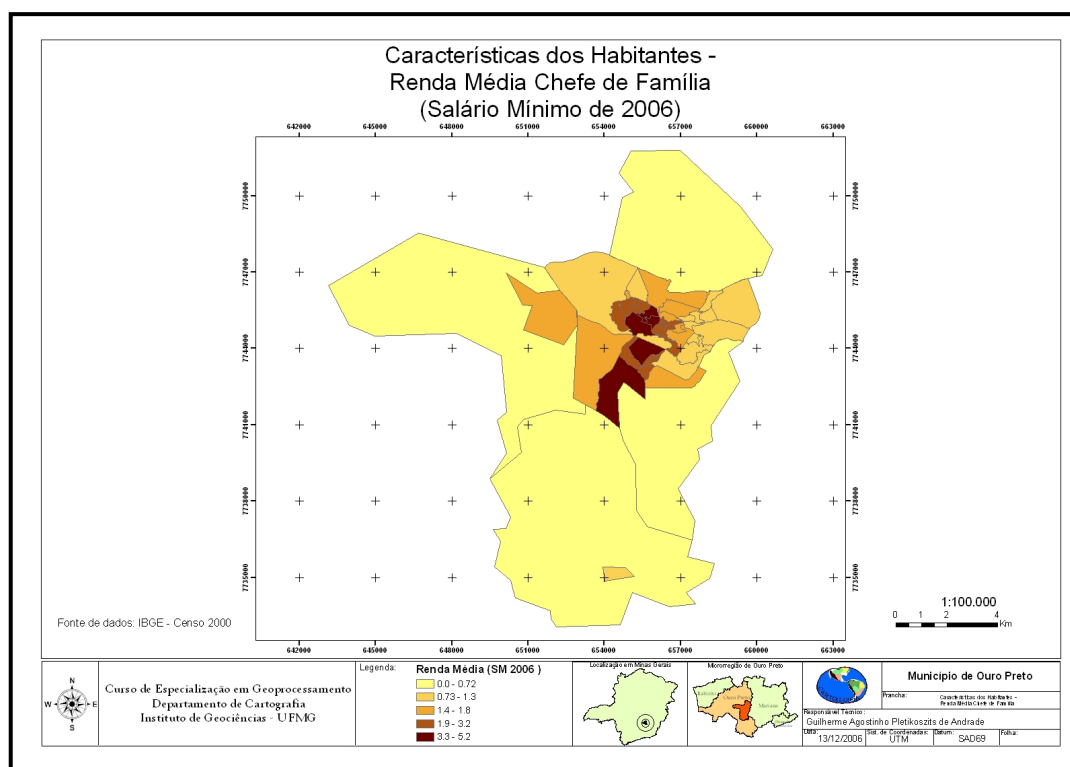
Mapa 21 - Condições dos Domicílios por Setor Censitário - Coletivo, Quitado, Cedido



Mapa 22 - Condições dos Domicílios por Setor Censitário - Coletivo, Quitado, Cedido



Mapa 23 - Condições dos Domicílios por Setor Censitário - Propriedade Particular Permanente



Mapa 24 - Caracterização dos Habitantes - Renda Média do Chefe de Família (Salário Mínimo de 2006)

4.5.5. Classificação da Cobertura do Uso do Solo e Uso do Solo Urbano

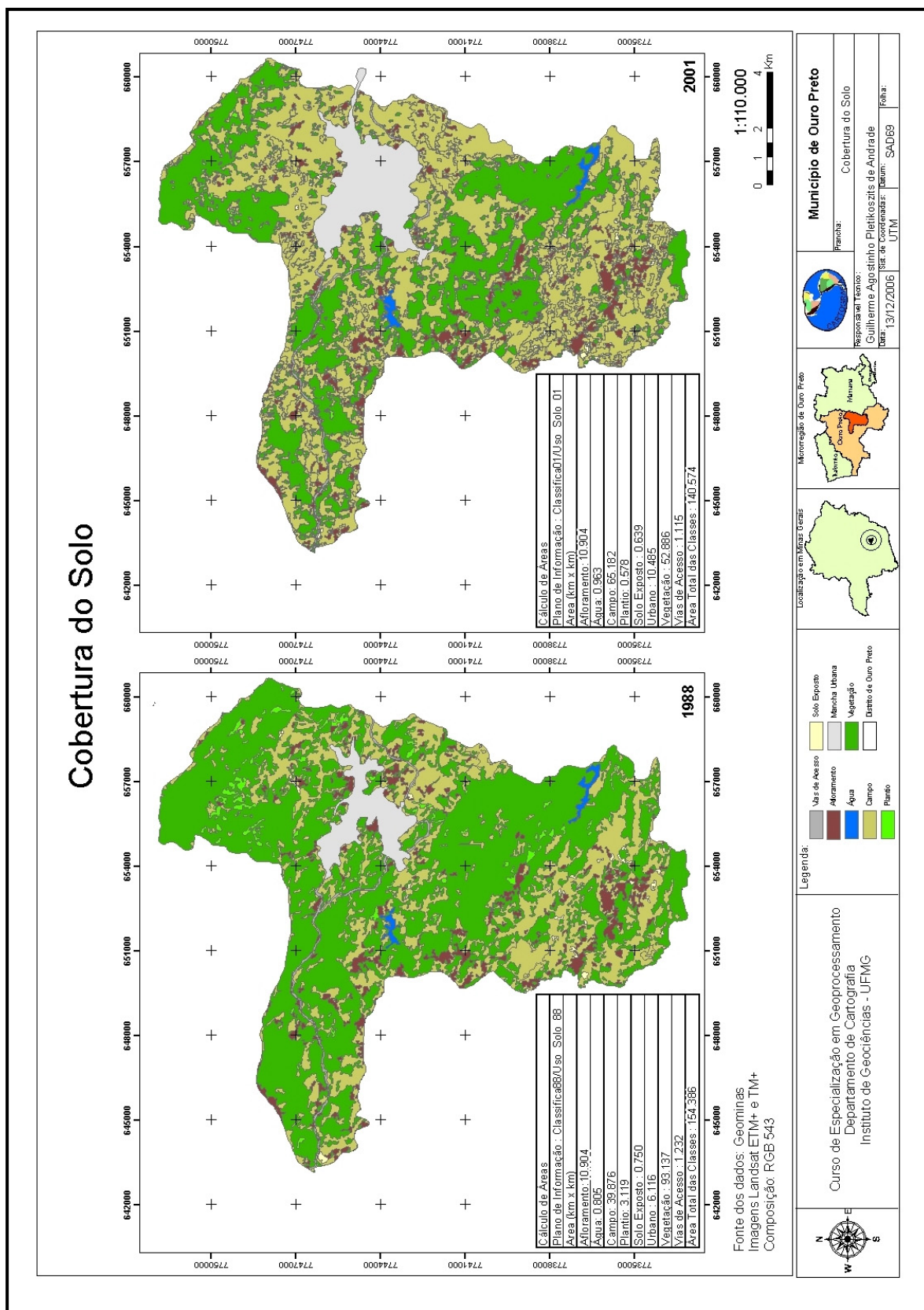
A Classificação da Cobertura do Uso do Solo do distrito de Ouro Preto foi gerada a partir das imagens Landsat de duas épocas diferentes, TM de 1988 e ETM+ de 2001, utilizando a configuração RGB - 543. Essa classificação permitiu analisar a evolução da ocupação do território. As classes utilizadas foram: água, campo, mata, afloramento, solo exposto, plantio e área urbana. Essas categorias foram escolhidas segundo o objetivo de observação e monitoramento das transformações do território e das ações antrópicas entre as duas datas.

A metodologia para realizar a classificação citada foi a mesma para as duas imagens, com exceção da imagem Landsat ETM+, onde antes de iniciar o procedimento de classificação, foi realizada a fusão das bandas 3, 4 e 5 com a banda pancromática (Banda 8), afim de se duplicar a resolução espacial final, o que acarreta uma melhor definição da imagem a ser classificada, facilitando o processo de classificação assistida, ou seja, com a intervenção do usuário.

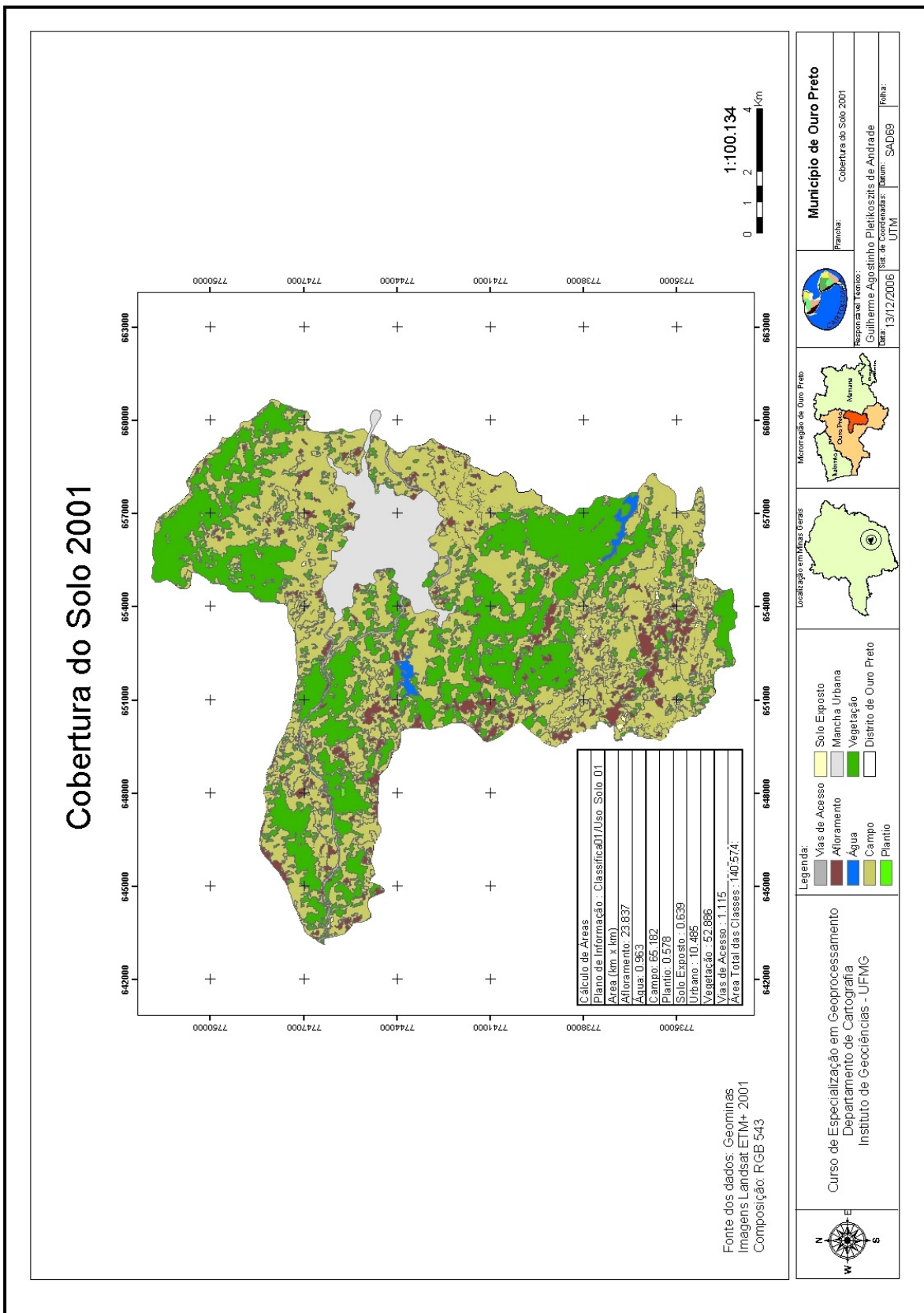
O processo de classificação se inicia com a segmentação da imagem, que consiste em dividir a imagem em polígonos com características semelhantes dos *pixels* da imagem. Devem-se escolher as bandas que serão segmentadas, o método de segmentação, a similaridade e a área em número de *pixels* dos polígonos.

Foram escolhidas as bandas 3, 4 e 5, já realçadas, configuradas nos canais B, G e R respectivamente. O método de segmentação usado foi o de Crescimento das Regiões, onde apenas regiões adjacentes, espacialmente, são agrupadas. A similaridade na segmentação representa o quão semelhante um *pixel* vizinho deve ser para que seja incluído no mesmo polígono e após testes, foi determinado que o melhor valor para similaridade seria de 10. A área em número de *pixels* dos polígonos limita o tamanho dos polígonos gerados na segmentação e foi determinado que esse valor seria de 15 para a imagem TM e de 30 para a imagem ETM+ com fusão.

Após a segmentação das imagens foi realizado o processo de classificação por regiões, no qual, além de se levar em conta a informação espectral de cada *pixel*, pondera-se também a relação de semelhança entre os *pixels* e seus vizinhos. Após escolher as bandas a serem classificadas e a imagem segmentada gerada anteriormente, deve-se fazer o treinamento das amostras, onde são escolhidos os polígonos como amostras de cada classe de interesse. Então é realizado o processo de classificação em si, onde se escolhe o algoritmo classificador, que após testes foi determinado que seria o algoritmo classificador de Bhattacharya, com limiar de aceitação de 99,9%. Logo após a classificação, foi gerado o mapa temático de cobertura do solo através do procedimento de mapeamento das classes geradas na classificação, com as classes de uma imagem temática previamente criada com número igual de classes e configuradas com a cor que se deseja na apresentação final. Ao final do procedimento de classificação, o mapa temático resultante teve que ser editado devido à presença de nuvens e sombras nas imagens originais, o que confundiu o treinamento das amostras. O resultado final da classificação pode ser observado no **Mapa 25**. No **Mapa 26** é apresentada a classificação da cobertura do solo produzida a partir da imagem landsat ETM+ de 2001.

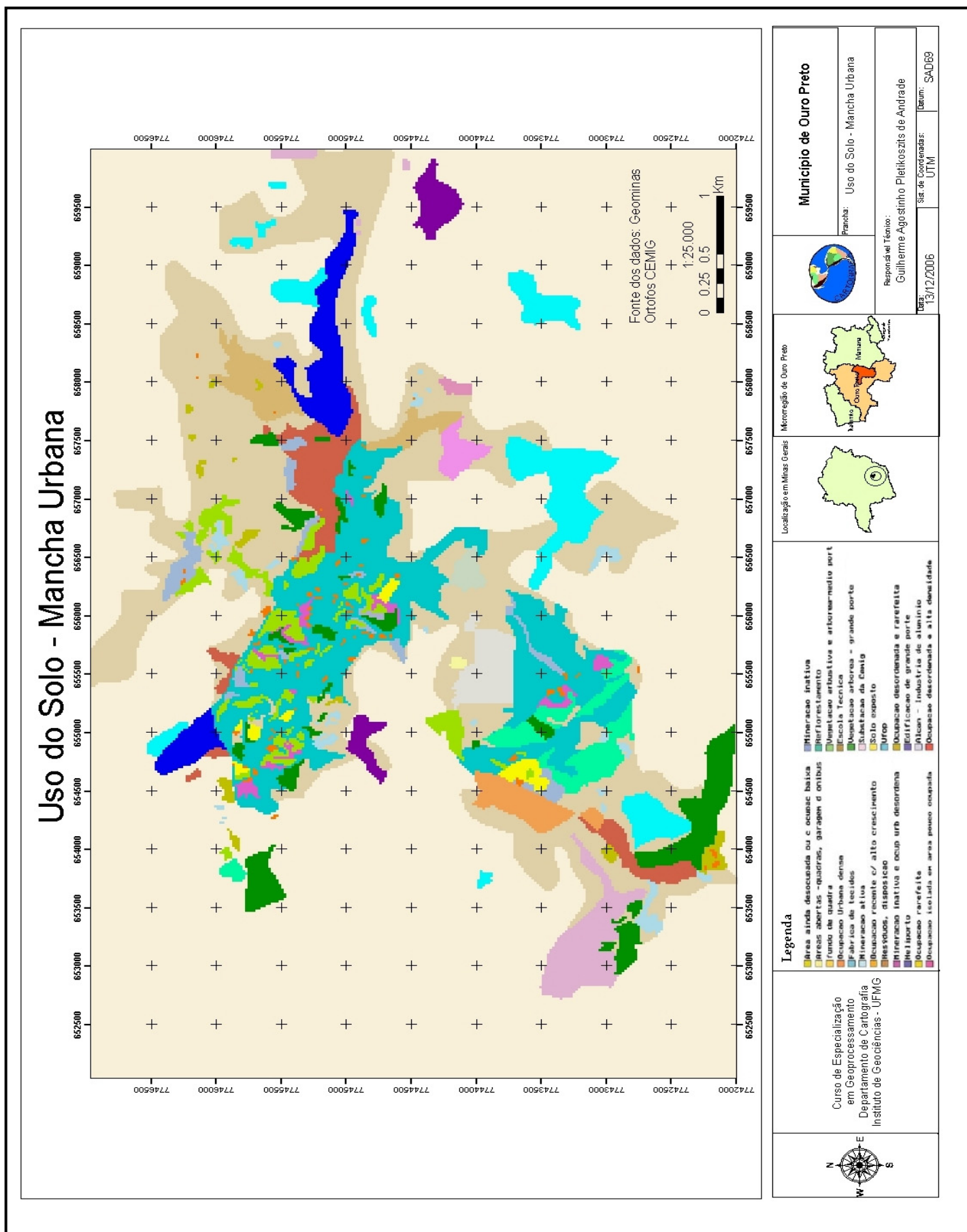


Mapa 25 – Cobertura do Solo do distrito de Ouro Preto em duas épocas diferentes, 1988 e 2001



Mapa 26 – Cobertura do Solo de Ouro Preto em 2001

A classificação do Uso Urbano do Solo foi cedida pela professora Ana Clara Mourão Moura e gerada a partir de ortofotos da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG). Essa classificação foi feita vetorizando-se os polígonos usando como pano de fundo as imagens de alta resolução espacial, e permitiu identificar se o espaço está sendo utilizado como área ainda desocupada ou com ocupação baixa; áreas abertas – quadras, campos, garagem de ônibus; fundo de quadra; ocupação urbana densa; fábrica de tecidos; mineração ativa; ocupação recente com alto crescimento; resíduos, disposição; mineração inativa e ocupação urbana desordenada; heliporto; ocupação rarefeita; ocupação isolada em área pouco ocupada; mineração inativa; reflorestamento; vegetação arbustiva e arbóreo de médio porte; escola técnica; vegetação arbórea de grande porte; subestação da CEMIG; solo exposto; UFOP; ocupação desordenada e rarefeita; edificação de grande porte; Alcan – indústria de Alumínio; ocupação desordenada e alta densidade. Esta classificação é apresentada a seguir no **Mapa 27**.



Mapa 27 – Uso urbano do Solo da cidade de Ouro Preto

4.5.6. Áreas de Conflitos do Uso do Solo

Nessa fase foi efetuada uma análise utilizando a linguagem de programação LEGAL do SPRING, com o objetivo de cotejar as ocupações territoriais com as áreas que deveriam ser preservadas por lei, para identificar as áreas onde existe ação antrópica inadequada. Para isso foi sobreposto o mapa de Áreas de Proteção Permanente (APPs) e as Classificação da Cobertura do Uso do Solo obtida a partir das imagens Landsat. A **Figura 1** apresenta a um diagrama esquemático que demonstra como o algoritmo LAGAL estruturado. Podemos ver que foi utilizada a lógica Booleana para a construção dessa análise.

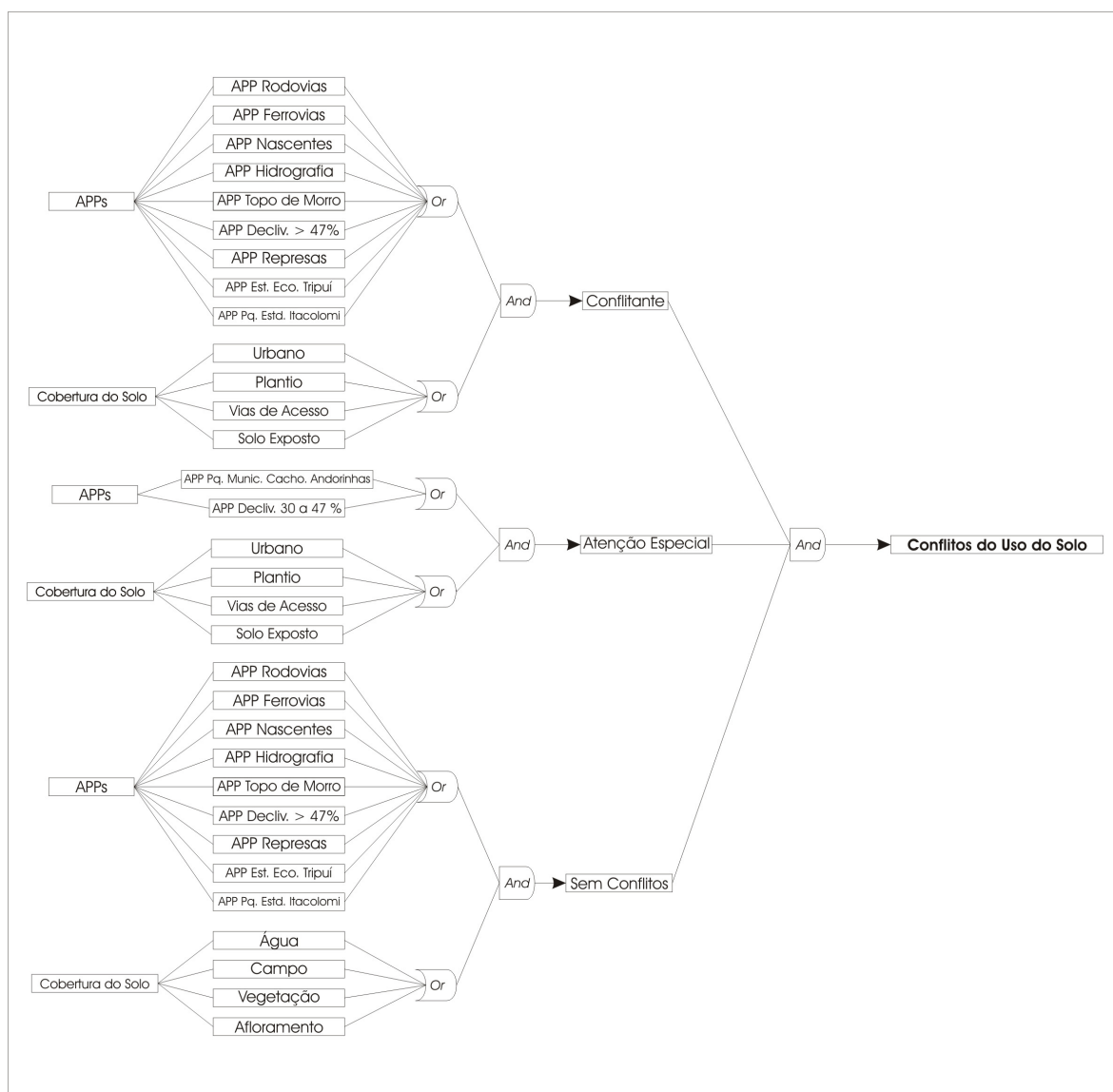
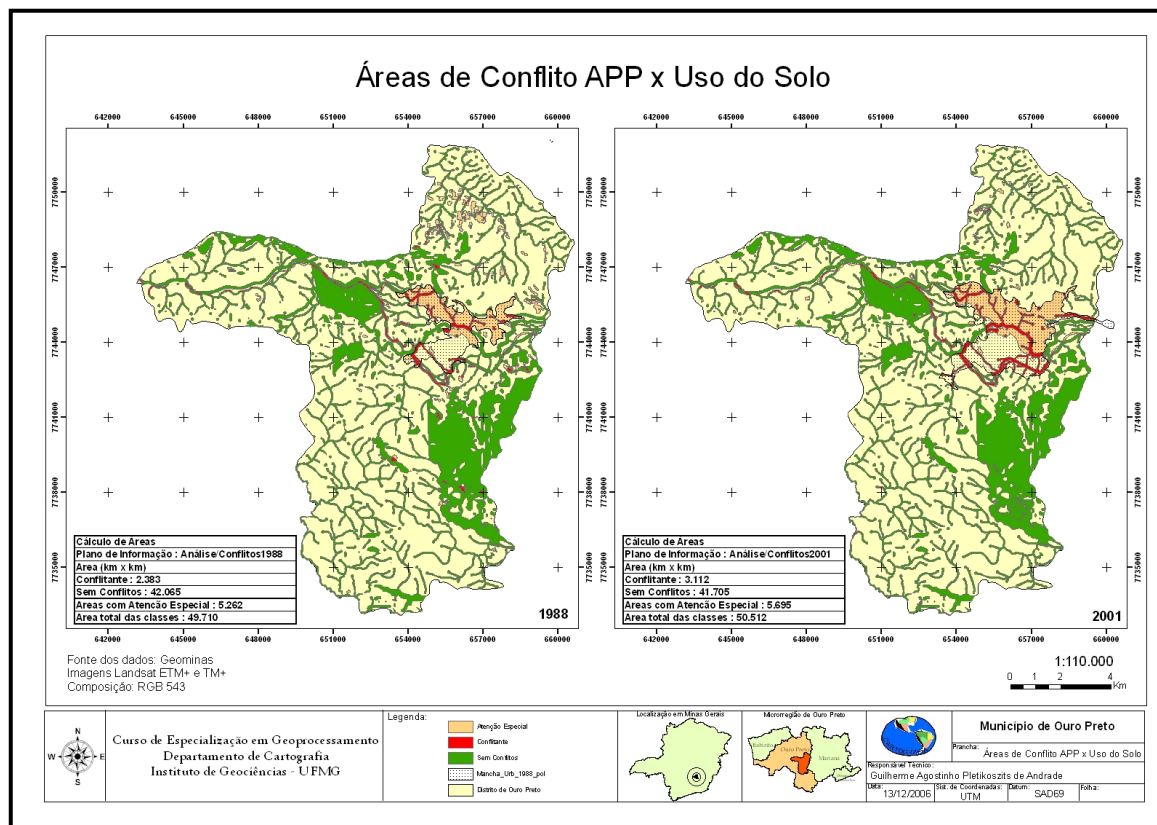


Figura 1 – Diagrama esquemático do algoritmo para a produção do Mapa de conflito de Uso do Solo

No **Mapa 28** apresentado a seguir, podemos ver o resultado da análise de conflito de Uso do Solo, onde pode-se perceber que a maior parte das áreas de conflito e de atenção especial está sob os domínios da mancha urbana, como era de se esperar.



Mapa 28 - Mapa de Áreas de Conflito do Uso do Solo do Município de Ouro Preto

5. ANÁLISES DE MULTICRITÉRIOS

O procedimento de análise de multicritérios é aseado nas etapas de trabalho: seleção das principais variáveis que caracterizam um fenômeno; representação da realidade segundo diferentes variáveis, organizadas em camadas de informação; discretização dos planos de análise em resoluções espaciais adequadas tanto para as fontes dos dados como para os objetivos a serem alcançados; promoção da combinação das camadas de variáveis, integradas na forma de um sistema, que traduza a complexidade da realidade; finalmente, possibilidade de validação e calibração do sistema, mediante identificação e correção das relações construídas entre as variáveis mapeadas.

Segundo Moura (2003) a Análise de Multicritérios é um procedimento metodológico de cruzamento de variáveis amplamente aceito nas análises espaciais. Ela é também conhecida como *Árvore de Decisões*. O procedimento baseia-se no mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de pertinência de cada plano de informação e de cada um de seus componentes de legenda para a construção do resultado final. A matemática empregada é a simples média ponderada, mas há pesquisadores que já utilizam a lógica *Fuzzy* para atribuir os pesos e notas.

O procedimento de Análise de Multicritérios foi empregado na construção do mapa síntese de potencial de expansão urbana.

5.1. Análise do Potencial de Expansão Urbana

A síntese de planos de informação por análise de multicritérios para gerar a classificação do potencial de expansão urbana para todo o território distrital foi construída com o uso da linguagem de programação LEGAL. Foi montada uma fórmula de média ponderada entre os mapas de Áreas de Proteção Permanente, Mapa de Declividades, Mapa de Distribuição de Infra-Estrutura de Água, Lixo e Esgoto e Classificação da Cobertura do Uso do Solo. O esquema da **Figura 2** indica os pesos e as notas adotados para o município de Ouro Preto.

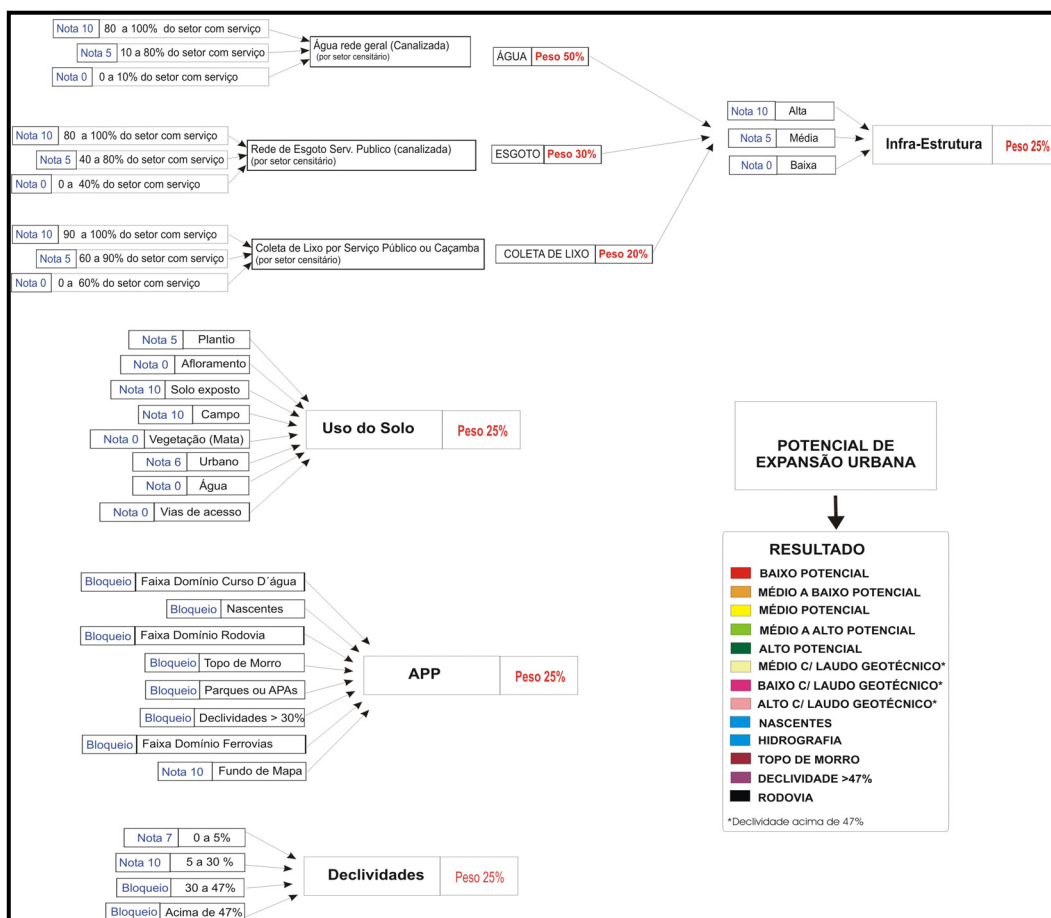
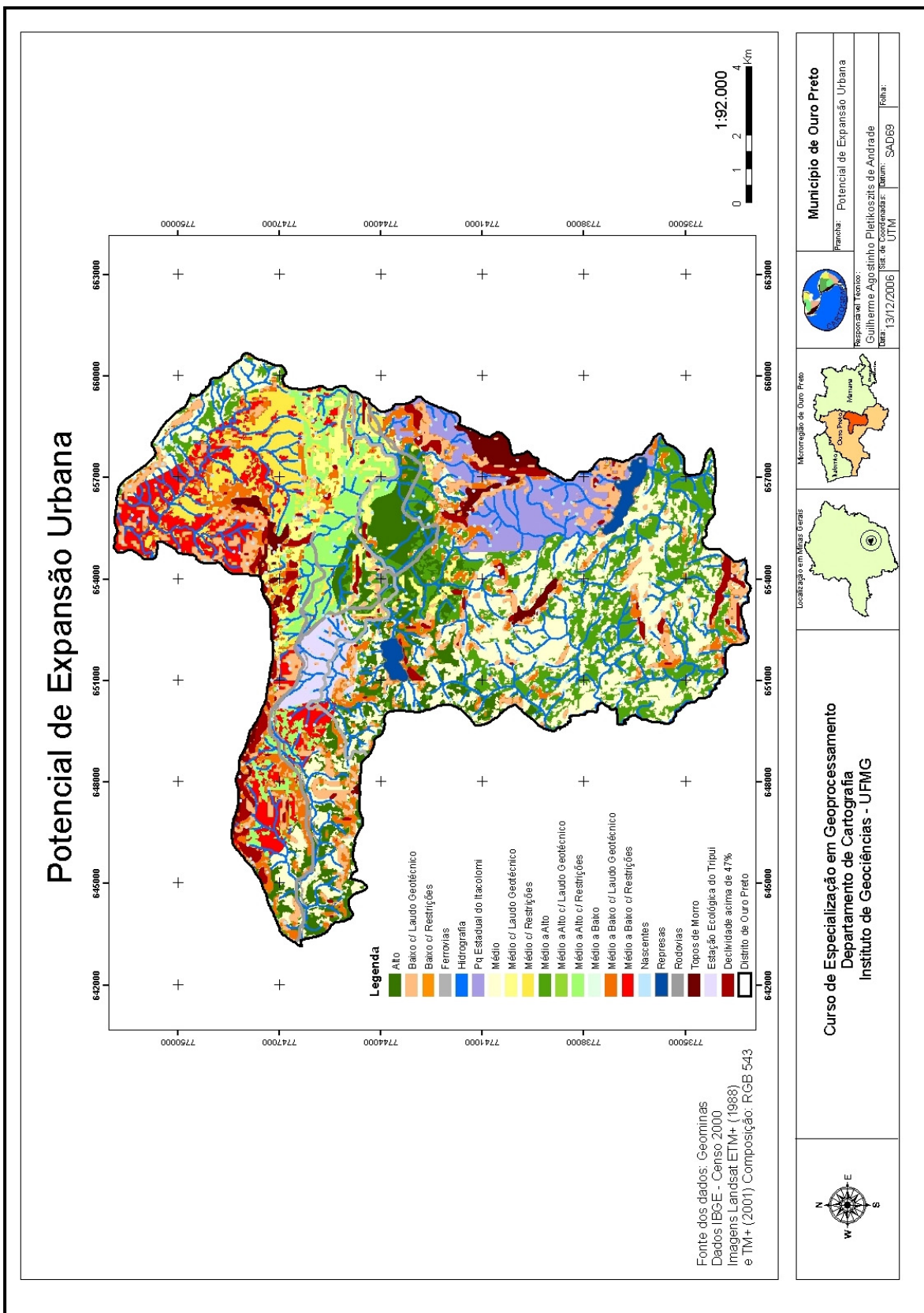


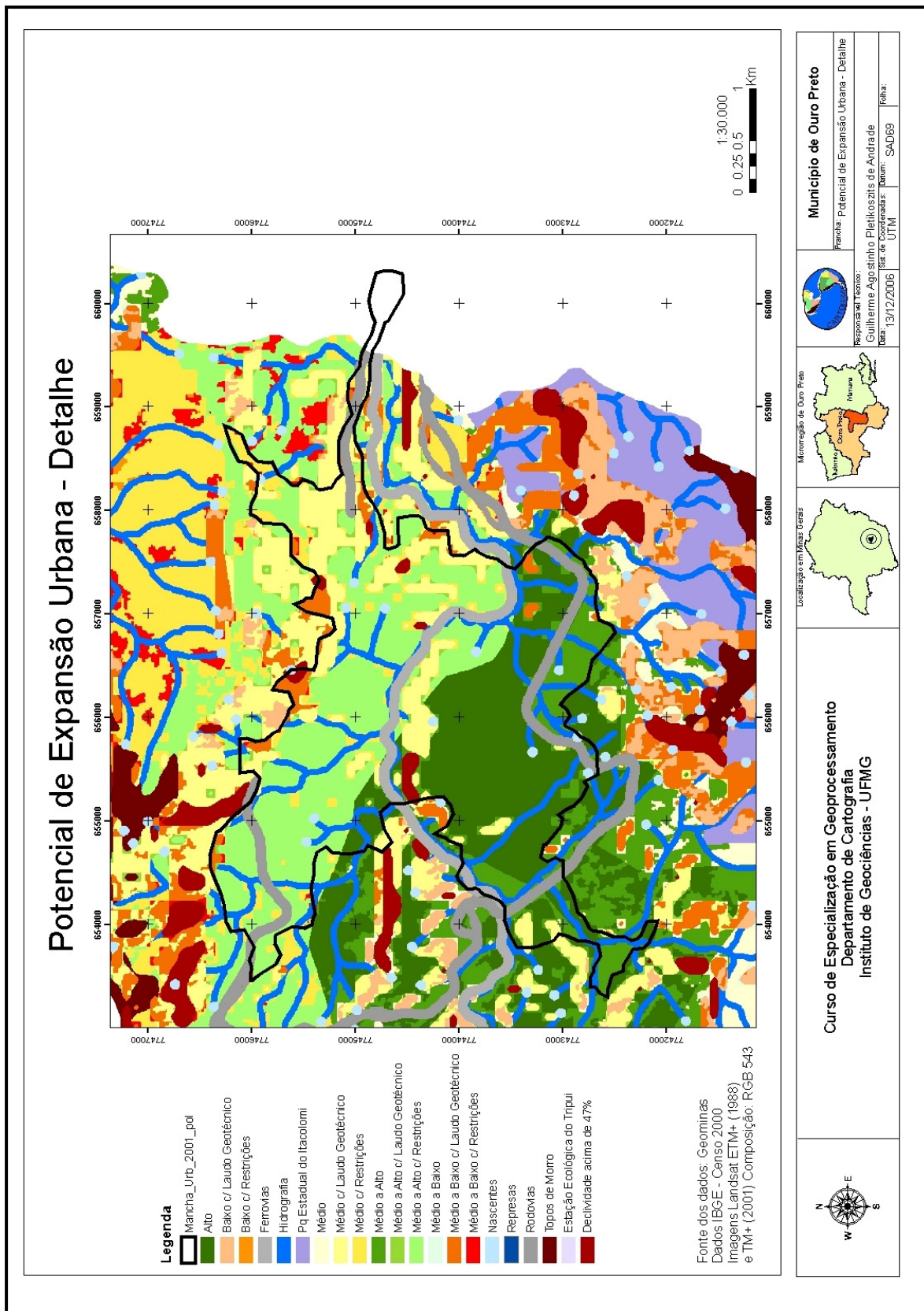
Figura 2 – Análise Multicritérios para o Potencial de expansão Urbana de Ouro Preto

Usou-se em todos os mapas o peso de 25%, seguindo a experiências dos diagnósticos realizados anteriormente à esse trabalho, porém pode-se testar essa análise em outras combinações.

O **Mapa 29** apresenta o resultado obtido com a análise do Potencial de Expansão Urbana de ouro Preto. E no **Mapa 30** podemos ver a mesma análise com detalhe na Mancha urbana de 2001.



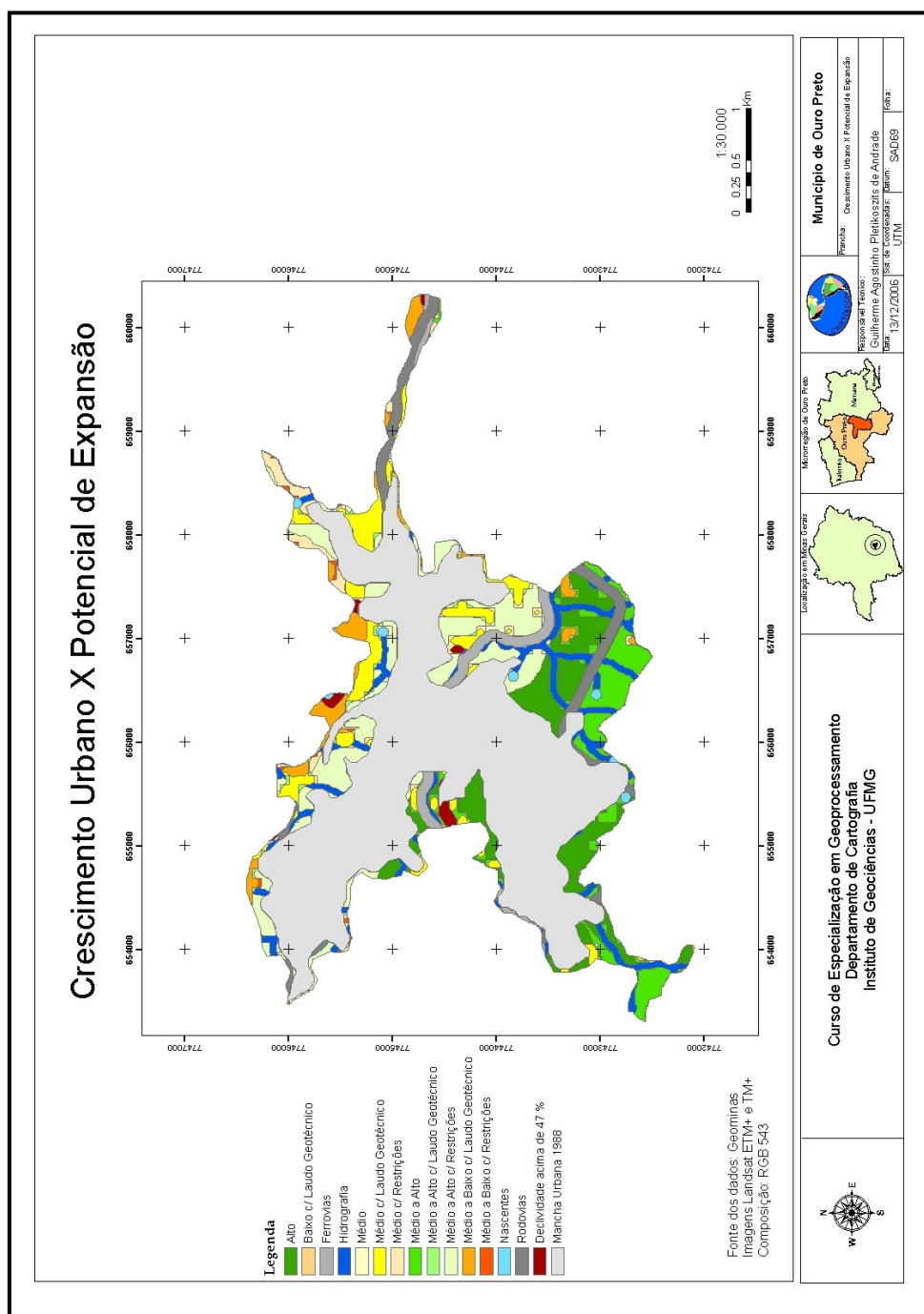
Mapa 29 – Potencial de Expansão Urbana de Ouro Preto



Mapa 30 - Potencial de Expansão Urbana de Ouro Preto – Detalhe mancha urbana 2001

5.2. Crescimento Urbano x Potencial de Expansão Urbana

Para a construção desta análise, foram inicialmente cotejados os mapas de representação das manchas urbanas do município em duas datas, com o objetivo de reconhecer o crescimento da ocupação urbana. Na seqüência, a mancha de crescimento foi comparada ao mapa de Potencial de Expansão Urbana, visando identificar o grau de adequabilidade do crescimento. O resultado desse cruzamento de dados pode ser visto no **Mapa 31**



Mapa 31 - Crescimento Urbano X Potencial de Expansão Urbana

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a criação das análises destinadas ao diagnóstico municipal no software SPRING, todas as informações foram exportadas para o software o TerraView. O último passo foi a criação de mapas em formato *pdf* para a distribuição de material produzido. A coleção cartográfica contendo a caracterização e análise do território municipal estudado foi composta pelos mapas: Característica dos Habitantes – Afabetizados com 5 ou mais anos de idade; Cobertura do Solo 2001; Cobertura do Solo 1988 e 2001; Declividades; Densidade Demográfica 2000; Evolução Urbana; Faixas de Domínio das Rodovias e Ferrovias; Característica dos Habitantes – Faixa Etária 0 a 14 Anos de idade; Característica dos Habitantes – Faixa Etária 15 ou mais Anos de idade; Faixas de Domínio da Hidrografia; Mancha Urbana – Imagem Quickbird; Hidrografia; Hipsometria; Condições dos domicílios por Setor Censitário- Infra-Estrutura; Imagem Landsat; Malha Viária; Característica dos Habitantes – Não Afabetizados com 5 ou mais anos de idade; Perímetro Urbano x Área urbanizada; Planta de Situação; Condições dos domicílios por Setor Censitário - Casa, Apartamento, Alugados; Condições dos domicílios por Setor Censitário Coletivo, Quitado, Cedido; Condições dos domicílios por Setor Censitário – Propriedade Particular Permanente; Característica dos Habitantes – Renda Média Chefe de Família (Salário Mínimo 2006); Rodovias e Ferrovias; Setores Censitários; Característica dos Habitantes – Sexo Uso do Solo Urbano. A partir de procedimentos de álgebra de mapas, foram compostas sínteses que resultaram nas análises: Áreas de Proteção Permanente; Áreas de Proteção Permanentes – Detalhe da Mancha Urbana de 2002; Áreas de Conflito APP x Uso do Solo 2001; Áreas de Conflito APP x Uso do Solo 1988 e 2001; Crescimento Urbano x Potencial de Expansão; Potencial de Expansão Urbana; Potencial de Expansão Urbana – Mancha Urbana 2001;

O SIG está armazenado no Spring para usuários com conhecimento no manuseio de informações por geoprocessamento, e no TerraView para usuários que requerem uma interface mais amigável para consultas e análises mais simples ou previamente disponibilizadas.

Conclui-se ao final dessa pesquisa que o geoprocessamento tem profunda importância na realização de Planos Diretores, pois utilizando de avançadas ferramentas de análise e processamento de imagens e dados podemos construir o diagnóstico completo municipal, e assim, alertar com precisão de forma clara e objetiva onde se deve agir para corrigir ou pelo menos amenizar os problemas urbanos enfrentados pelas prefeituras municipais. As informações aqui apresentadas podem ser utilizadas como referência para a atualização do Planos Diretor vigente.

7. REFERÊNCIAS

Leis:

Ouro Preto. **Lei Complementar nº 01/96** – de janeiro de 1996 que Institui o Plano Diretor do Município de Ouro Preto e dá outras providências.

Brasil. **Lei Nº 10.257** - de 10 de julho de 2001, que regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.

Brasil. **Lei nº 4.771**, de 15 de Setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal.

Brasil. **Lei nº 6.766**, de 19 de Dezembro de 1979, Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras providências.

Livros:

Moura, A.C.M. **Geoprocessamento na Gestão e Planejamento Urbano**. Belo Horizonte, Ed. da autora, 2003. 294p.

Novo, Evlyn Márcia Leão de Moraes. **Sensoriamento Remoto : Princípios e Aplicações**. São Paulo, Editora Edgard Blücher LTDA, 1992. 308p.

Referências de Internet:

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:

< <http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 25 jul. 2006.

University of Maryland - GLCF: Earth Science Data Interface. Disponível em:

< <http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>>. Acesso em: 25 jul. 2006.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária . Disponível em:

< <http://www.embrapa.br/>>. Acesso em: 25 jul. 2006.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Disponível em: < <http://www.inpe.br/>>.

Acesso: 26 jul. 2006.

Portal Ouro Preto – Disponível em: < <http://www.ouropreto.com.br> >.

Acesso: 02/12/2006.