

Desenvolvimento de aplicativos de geoprocessamento para Planos Diretores Municipais em Minas Gerais, Brasil

Guilherme Agostinho Pletikoszits de Andrade¹

Sheyla Aguilar de Santana¹

Charles Rezende Freitas¹

Ana Clara Mourão Moura¹

Zenilton Patrocínio²

Álex Moreira do Patrocínio³

¹Universidade Federal de Minas Gerais - IGC - Lab de Geoprocessamento

Av. Antônio Carlos 6627, Belo Horizonte, MG, cep 31270-901

gapandrade@gmail.com, shesantana@gmail.com, charlesrf@ufmg.br, anaclara@ufmg.br

²MP Engenharia

Av. do Contorno 4045 sala 701, Belo Horizonte, MG, cep 30110-090

zntn.bhz@terra.com.br

³MM Sistemas

Av. do Contorno 4045 sala 702, Belo Horizonte, MG, cep 30110-090

mmsistemas@terra.com.br

Abstract. This article describes the use of GIS as base for the proposition of the Urban Plan for the municipal districts of Lagoa Santa, Varginha, Ubá and Raul Soares in Minas Gerais, Brasil. The methodological procedure had as primordial function to describe the territory in all its complexity, making possible different interpretations in an agile way. It constitutes, therefore, fundamental resource to support decisions in political-administrative municipal planning. Data census sections of the IBGE and SNIU were the bases used to construction the alphanumeric database. The cartographic base was built from data of IBGE and Geominas, data acquired data in the city halls, satellite images (Landsat and SRTM), data of the IBAMA and EMBRAPA. For the organization of GIS, free domain software was chosen, like SPRING and TERRAVIEW, searching for a more sustainable way to the spread of the information.

Palavras-chave: GIS (Geographical Information System), urban plan, environmental urban analysis, SIG (Sistema de Informações Geográficas), plano diretor, análise ambiental urbana.

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 os problemas mais graves que um município apresenta, como falta de infraestrutura 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.

2. Materiais e Métodos

O roteiro metodológico desse trabalho pode ser dividido em cinco partes que serão detalhadas posteriormente, são elas:

Organização da base de dados alfanumérica, que consiste no agrupamento de toda a base de dados alfanumérica de cada município estudado em um único sistema. Essas bases de dados são referentes ao censo 2000, fornecidas pelo IBGE, e os dados adquiridos através do Sistema Nacional de Indicadores Urbanos (SNIU), do Ministério das Cidades do Brasil.

Organização da base de dados vetorial, onde foi realizado o agrupamento da base vetorial fornecida pelo GEOMINAS, Prefeituras Municipais, DER-MG e IGA-MG, e são referentes aos dados de rodovias, ferrovias, hidrografia, curvas de nível e arruamentos de cada município estudado.

Processamento digital de imagens, etapa de tratamento e classificação das imagens dos satélites Landsat e Ikonos, da missão SRTM da NASA, Ortofotos da CEMIG-MG, com a finalidade de obter mapas do uso do solo de duas épocas diferentes, verificar a evolução da mancha urbana e realizar a conferência e correção dos dados vetoriais.

Processamento dos Dados, onde através das ferramentas de Geoprocessamento utilizadas, foram obtidos mapas das Áreas de Proteção Permanente, mapas de Conflito do Uso do Solo, foi realizada a verificação dos parâmetros de qualidade de domicílios e de infraestrutura

municipais, a construção do mapa de potencial de uso do solo urbano e a verificação da sustentabilidade do crescimento urbano.

Tratamento gráfico, etapa final na qual foram criados mapas em formato “pdf” para plotar os resultados e análises alcançados.

2.1. A escolha dos aplicativos de geoprocessamento

Inicialmente foi feito um estudo sobre os temas Gestão Pública, Gestão Participativa e Sistemas de Informações Geográficos. A equipe do Laboratório de Geoprocessamento envolvida no projeto, teve a oportunidade de testar e calibrar a metodologia 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 técnicos que estariam responsáveis pela interpretação dos diagnósticos e pela composição dos planos diretores propriamente ditos¹.

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 não 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 temáticos para visualização de maneira bem simples, como demonstrado na **Figura 1**. Assim, diferentes níveis na hierarquia de usuários podem ser contemplados.

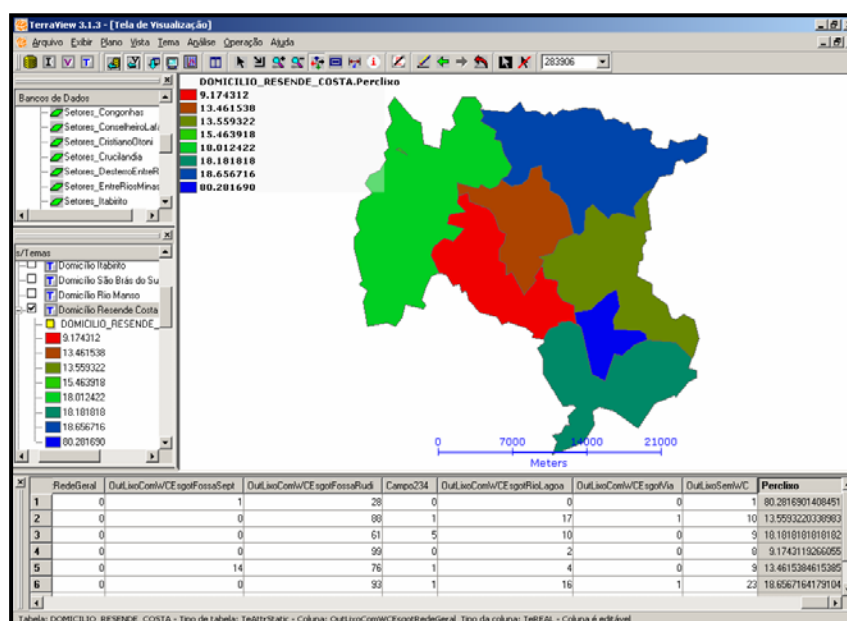


Figura 1. Mapa de Temático de Distribuição do Serviço de Coleta de Lixo no software TerraView.

A idéia de criação do SIG voltado para as informações sistemáticas do município foi entendida como uma grande demanda por parte dos órgãos administrativos e como uma

¹ MP Engenharia – Urbanista Zenilton Patrocínio

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 de mapas temáticos:

- Planta de Situação,
- Mapa Viário,
- Hidrografia,
- Declividades,
- Hipsometria,
- Evolução Urbana,
- Imagens Landsat,
- Uso do Solo Urbano,
- Perímetro Urbano X Área Urbana,
- Mapa da Alfabetização da População,
- Mapa da população classificada por Faixa Etária,
- Mapa de Infra-Estrutura Urbana,
- Mapa da Característica dos habitantes classificados por sexo,
- Mapa dos Setores Censitários,
- Mapa de condição dos domicílios por Setores Censitários, tipos de propriedades

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

- Áreas de Proteção Permanente,
- Potencial de Expansão Urbana,
- Potencial de Expansão Urbana e Áreas de Conflito de Expansão Urbana.

2.2. 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 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 e então, importados para software TerraView, onde foi organizado todo o banco de dados de cada município estudado.

Após as tabelas serem ajustadas (deixadas no formato adequado ao software TerraView), foi realizado um procedimento de soma das tabelas no software Microsoft Access. Esse procedimento foi feito para que cada tema de indicadores possuisse um número mínimo de tabelas.

O passo seguinte foi a importação das tabelas para o software TerraView, juntamente com os vetores dos limites dos municípios constituintes da microrregião a qual o município pertence. Os limites dos municípios, retirados da base cartográfica de dados do 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 setores urbanos e rurais, certamente vetorizados pelo IBGE a partir de diferentes escalas.

2.3. 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. Utilizou-se a base do GEOMINAS de 1:50.000. O segundo arquivo vetorial inserido foi a camada de Rodovias. 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, cujos dados foram cedidos pelo IGA-MG. Para a conferência dos dados de quadras e ruas, foram utilizadas as Ortofotos da CEMIG.

Foram também armazenadas informações relativas a curvas de nível e pontos cotados, 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.

2.4. 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 e ETM+ (Exemplo apresentado na **Figura 2**) retiradas do site da universidade de Maryland, as ortofotos da CEMIG, a SRTM da EMBRAPA e as IKONOS 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 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 IKONOS, foi utilizado o software Spring para o georreferenciamento.

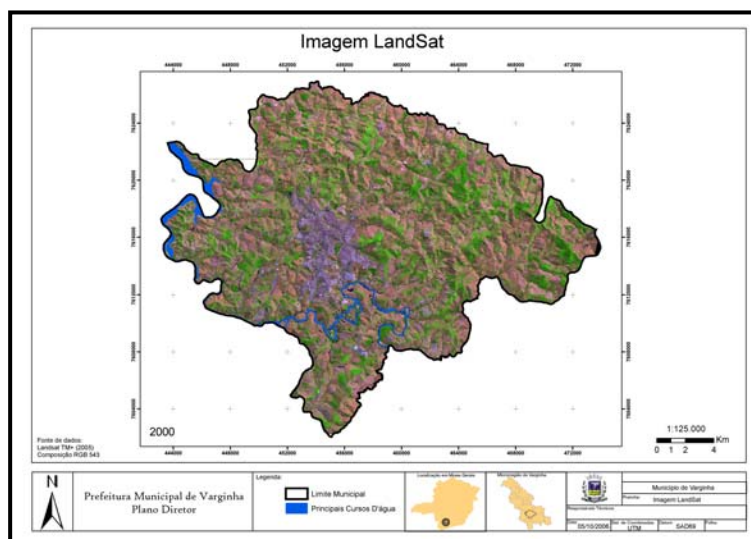


Figura 2. Mapa das imagens LandSat ETM+ de 2000, configuração RGB-543 do Município de Varginha

2.5. Processamento das informações

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

2.5.1. Mapa Hipsométrico, de Declividades e Topo de Morro

Os Mapas Hipsométricos foram criados a partir das curvas de nível disponibilizadas pelo Geominas na escala de 1:50.000 e os Mapas de Declividades, 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, na **Figura 3**, exemplo de mapa hipsométrico do município de Ouro Preto e na **Figura 4** exemplo de mapa de declividades do mesmo município.

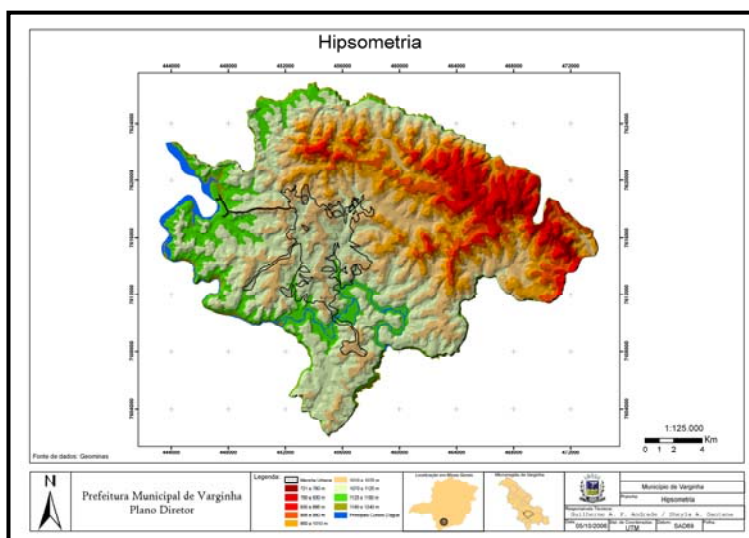


Figura 3 – Mapas Hipsométrico do Município de Varginha-MG

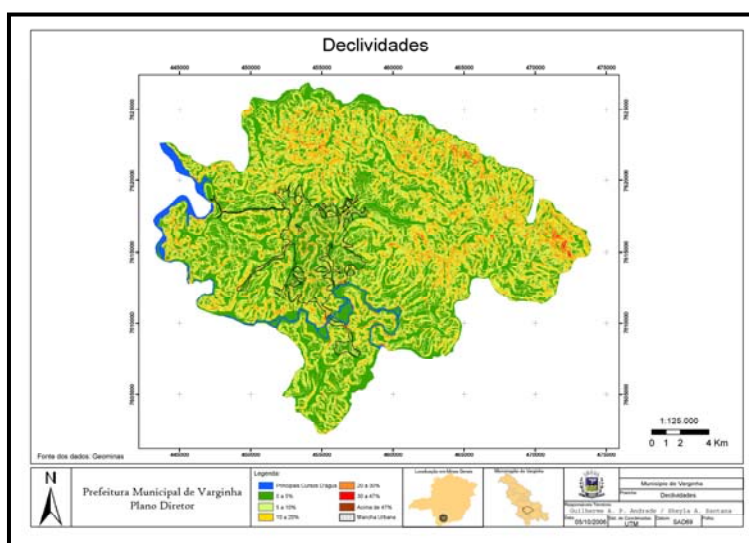


Figura 4 – Mapas de Declividades do Município de Varginha-MG

2.5.2. Área de Proteção Permanentes

As Áreas de Proteção Permanente (APPs) foram levantada 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 (com variação das faixa em função da largura do rio), 50m para nascentes, 50 metros para as rodovia, 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 na **Figura 5**.

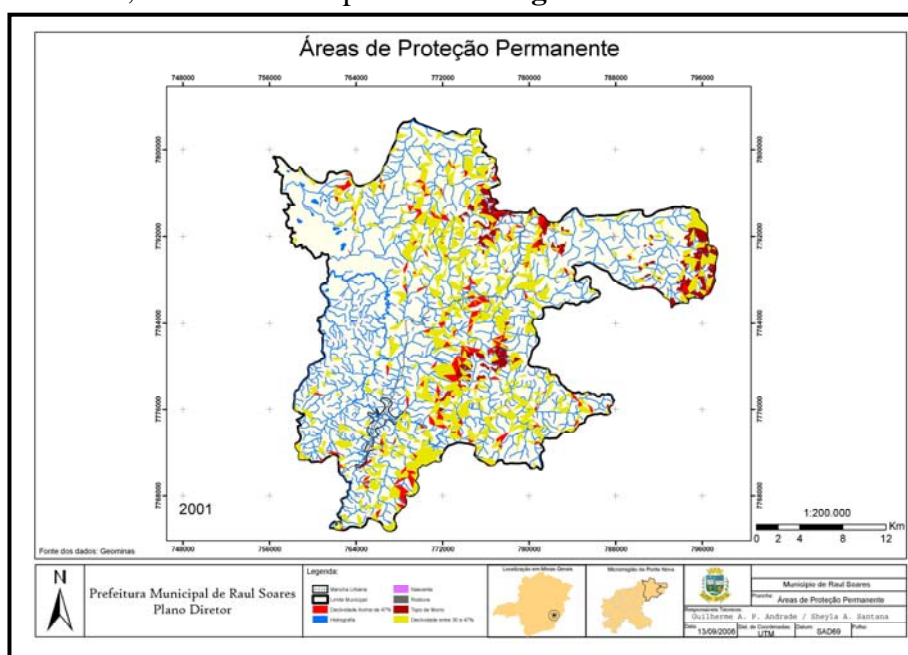


Figura 5 – Mapa de APPs do Município de Raul Soares

2.5.5. Mapa de Infra-Estrutura

Os Mapas de Infra-Estrutura foram gerados a partir das tabelas dos setores censitário de 2000 do IBGE. Foram produzidas muitas análises temáticas, mas com atenção especial nas informações relativas à presença e tipo de rede de água, luz e esgotamento sanitário como pode ser observado na **Figura 6**.

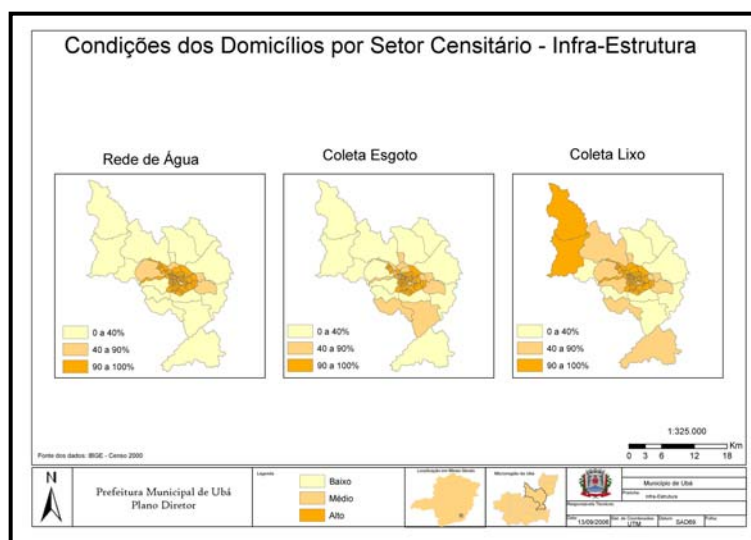
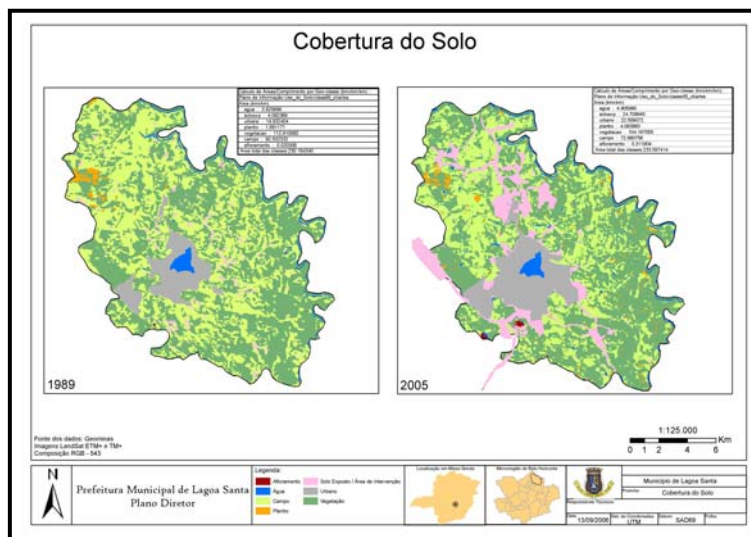


Figura 6 - Infra-Estrutura em Ubá-MG

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

As Classificação do Uso do Solo foi gerada a partir das imagens LandSat de duas épocas diferentes (**Figura 7**). 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.



**Figura 7 – Cobertura do Uso do Solo em duas épocas diferentes
Município de Lagoa Santa-MG**

A classificação do Uso Urbano do Solo foi gerada a partir das Ikonos obtidas do Google Earth. Essa classificação permitiu identificar se o espaço está sendo utilizado com edificações de grande porte, ocupação urbana segundo diferentes níveis de densidade, solo exposto, cultivo, reflorestamento, vegetação arbustiva, vegetação arbórea, vegetação rasteira ou pasto, água, e favelização (**Figura 8**).

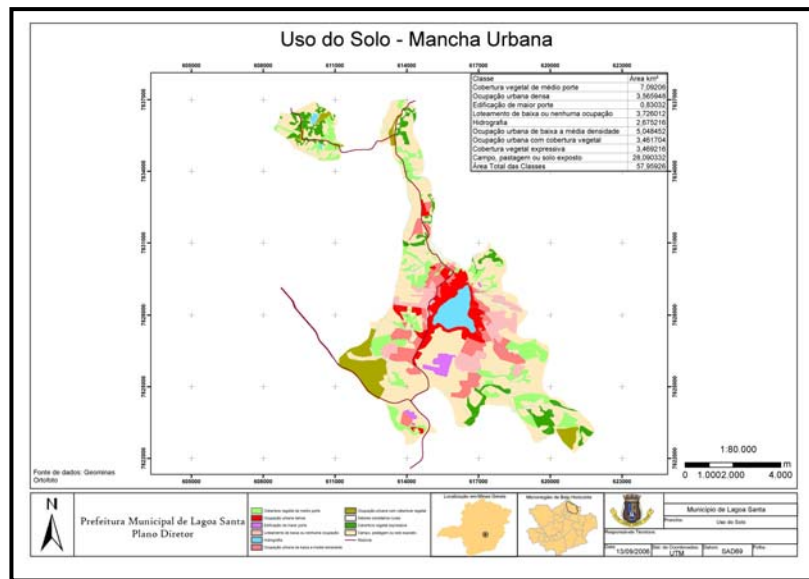


Figura 8 – Uso do Solo Urbano, município de Lagoa Santa-MG

2.5.7. 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 9** apresenta a identificação de conflitos no município de Ouro Preto.

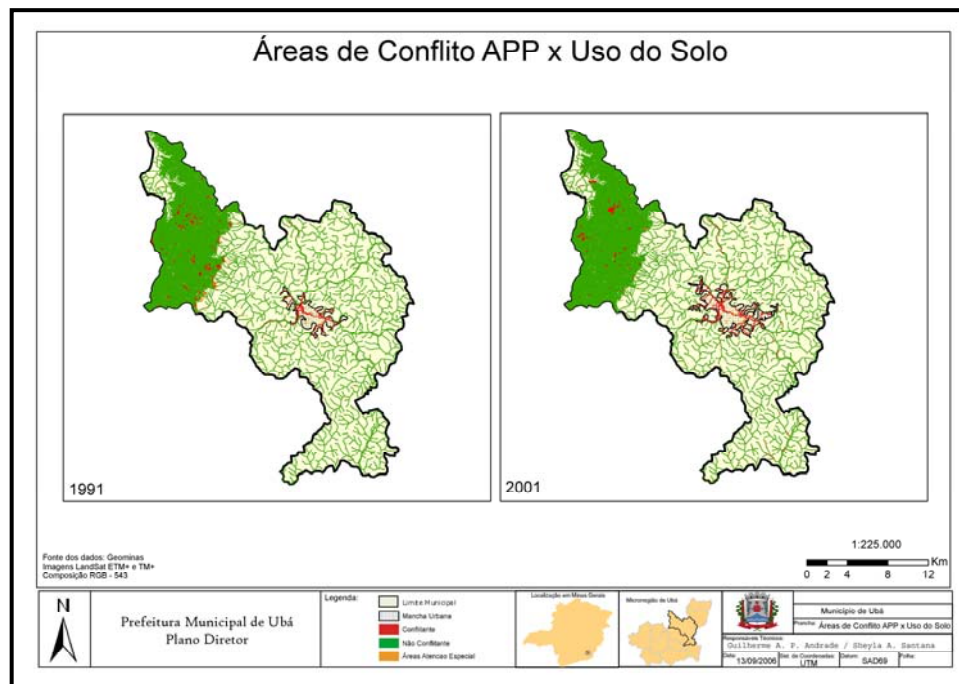


Figura 9 - Mapa de Áreas de Conflito do Uso do Solo do Município de Ubá-MG

3. Análises de Multicritérios

O procedimento de análise de multicritérios é muito utilizado em geoprocessamento, pois se baseia justamente na lógica básica da construção de um SIG: 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.

3.1. 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 municipal 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 10** indica os pesos e as notas adotados para o município de Raul Soares-MG.

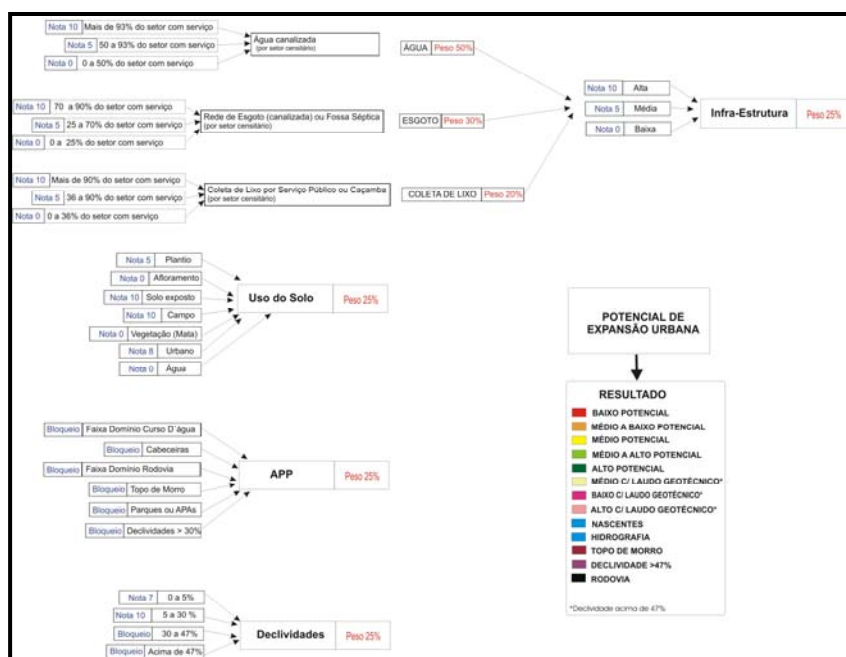


Figura 10 – Análise de Multicritérios - Potencial de Expansão Urbana em Raul Soares

3.2. Crescimento Urbano x Potencial de Expansão Urbana

Para a construção desta análise, foram inicialmente cotejados os mapas de representação das manchas urbanas dos municípios em duas datas, com o objetivo de reconhecer o crescimento da ocupação urbana. Na sequência, a mancha de crescimento foi comparada ao mapa de Potencial de Expansão Urbana, visando identificar o grau de adequabilidade do crescimento. Na **Figura 11** podemos visualizar o resultado dessa análise para o município de Varginha-MG.

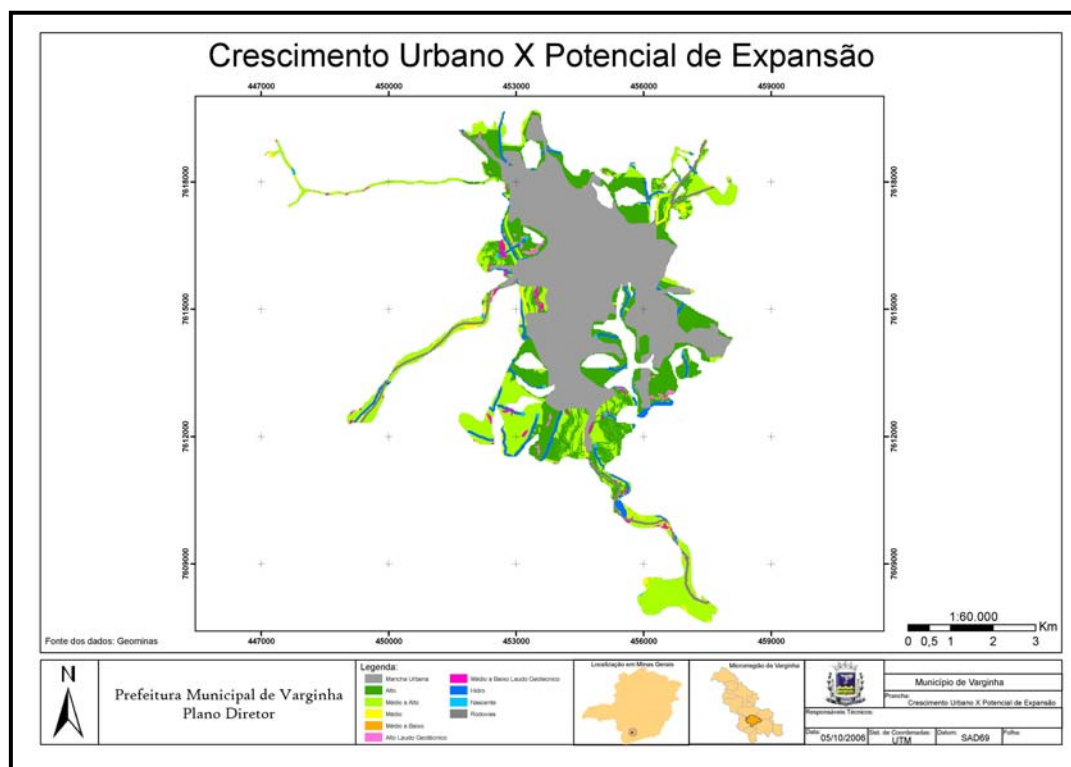


Figura 11 – Mapa de Análise do Crescimento Urbano versus o Potencial de Expansão Urbana par o Município de varginha-MG

4. 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 dos territórios municipais estudados foi composta pelos mapas: Planta de Situação, Mapa Viário, Hidrografia, Evolução Urbana, Perímetro Urbano X Área Urbana, Declividades, Hipsometria, Crescimento Urbano, Áreas de Proteção Permanente, Potencial de Expansão Urbana, Imagens Landsat, Uso do Solo Urbano, Potencial de Expansão Urbana e Áreas de Conflito de Expansão Urbana. As informações foram utilizadas como referência para a redação dos Planos Diretores em implantação.

O SIG foi entregue para as prefeituras em dois sistemas: 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.

5. Referências

Leis:

Brasil. **Lei Nº 10.257 - de 10 de julho de 2001**, 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.

Livro:

Moura, A.C.M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. Belo Horizonte, Ed. da autora, 2003. 294p.

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.