

Sistema de geoinformação para a cafeicultura do Sul de Minas

Tatiana Grossi Chquiloff Vieira¹

Helena Maria Ramos Alves²

Margarete Marin Lordelo Volpato³

Vanessa Cristina Oliveira de Souza⁴

Resumo: Geotecnologias, dentre elas o sensoriamento remoto e os sistemas de informação geográfica (SIG), têm sido utilizadas para agilizar estudos e planejamento da agricultura. No caso da cultura do café, podem facilitar a avaliação da distribuição das áreas cafeeiras, com a sua quantificação e o entendimento das relações entre os sistemas de produção e o ambiente. Este artigo descreve a estruturação, modelagem e a implantação do banco de dados geográfico do “**Sistema de Informação para a Cafeicultura do Sul de Minas**” por meio do software o SPRING-INPE. O OMT-G foi o modelo utilizado para a modelagem dos dados geográficos gerados neste banco. Os resultados obtidos estão disponibilizados no web site- <http://www.epamig.br/geosolos>.

Palavra-chave: sistema de informação geográfica, banco de dados geográfico, cafeicultura, geotecnologia, modelo de dados OMT-G.

INTRODUÇÃO

A velocidade com que ocorrem as transformações tecnológicas no mundo atual, sem dúvida é extremamente importante, na dimensão em que influenciam as relações sociais, econômicas, agrícolas e de produção, dentre outras. Cada vez mais essas transformações tornam-se propulsoras das principais mudanças vivenciadas pelo mundo globalizado. Nas ciências

¹ Engº Agrimensora, M.Sc., Pesq. EPAMIG-CTSM/IMA, Bolsista Fapemig, Caixa Postal 176 CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: tatiana@epamig.ufla.br

² Engº Agrº, D.Sc., Pesq. EMBRAPA CAFÉ, Caixa Postal 176 CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: helena@ufla.br

³ Engº Florestal, D.Sc., Pesq. EPAMIG/CTSM, Caixa Postal 176 CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: margarete@epamig.ufla.br

⁴ Cientista da Computação, Menstranda em Sensoriamento Remoto- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE, Caixa Postal 515. CEP: 12.227-010 – São José dos Campos, SP, Brasil. Correio eletrônico: vanessa@dpi.inpe.br

agrárias, a forma de produzir o conhecimento mostra essa mudança crescente. Tal movimento decorre grandemente do advento e popularização das chamadas geotecnologias.

O conhecimento do espaço em que vivemos sempre foi de grande valor para a humanidade. A preocupação do homem em conhecer o meio onde ele vive é muita antiga. Desde a mais remota antiguidade até os tempos atuais, as informações espaciais têm sido descritas de forma gráfica pelos antigos cartógrafos e utilizadas por guerreiros, navegadores, geógrafos e pesquisadores. A observação e a representação da superfície da terra são importantes na organização das sociedades e com certeza, o que hoje se conhece como mapa nada mais é do que uma das mais antigas formas de comunicação visual de toda a humanidade (OLIVEIRA, 1993 apud CASANOVA, 2005).

Historicamente as primeiras tentativas de se utilizar geotecnologias aconteceram na Inglaterra e nos Estados Unidos, nos anos 50, com o objetivo principal de reduzir o custo de produção e manutenção de mapas e na década de 60, o Canadá, utilizou para o inventário de recursos naturais. Ao longo dos anos 70 foram desenvolvidos novos e mais acessíveis recursos de hardware, tornando viável o desenvolvimento de tecnologias comerciais. Também nos anos 70 foram desenvolvidos alguns fundamentos matemáticos voltados para a cartografia, incluindo questões de geometria computacional. A década de 80 representa o momento quando a geotecnologia inicia um período de acelerado crescimento que dura até os dias de hoje.

Os anos 90 consolidaram definitivamente o uso das geotecnologias como apoio ao planejamento e gerenciamento, tendo saído do meio acadêmico para alcançar o mercado com grande velocidade. Instituições governamentais e grandes empresas começaram a investir no uso de aplicativos disponíveis no mercado. No fim dos anos 90 e inicio desse século o uso da Web já está consolidado e as grandes corporações passam a adotar o uso de internet.

As geotecnologias em busca de mais popularização (por demandas do próprio mercado) evoluem e passam a fazer uso também do ambiente Web. Os aplicativos são simples, com funcionalidades básicas de consulta a mapas e a bases de dados. Os usuários já não precisam mais ser especialistas, facilitando o acesso de pessoas leigas. Ocorre então um salto no número de usuários e

surgem sites especializados, revistas, etc. Houve também uma aproximação entre as grandes empresas de geotecnologias e as tradicionais empresas de tecnologia da informação, como a Google por exemplo que gerou a GoogleTerra (GoogleEarth) e popularizou ainda mais as geotecnologias.

As geotecnologias estão em franco desenvolvimento, anualmente são comercializados bilhões de dólares nos setores de meio ambiente, governo civil e militar e transportes.

EVOLUÇÃO DA GEOINFORMAÇÃO

Há alguns séculos atrás, a informação geográfica era imprecisa, pouco organizada e disponível. Essas limitações não se verificam mais nos dias de hoje. Para muitas regiões do planeta existe informação geográfica em abundância, obtida através de métodos que garantem sua precisão.

Esta evolução deve-se principalmente à ciência da geoinformação que nas últimas décadas, tem sido importante na produção, análises e representação de informações sobre o espaço geográfico. Reúne para isso os conhecimentos e as práticas tecnológicas oriundas de diversas áreas do conhecimento científico, característica intrínseca das tecnologias modernas, representando uma síntese do poder de manipulação de dados disponibilizado pelo meio computacional. Em um mesmo ambiente de trabalho, permite tratar dados provenientes de fontes diversas, como, redes de monitoramento por satélites (imagens, sinais GPS, etc.), levantamentos de campo (topográficos, censitários, etc.), mapeamentos sistemáticos, mapeamentos temáticos, com escala de abrangência que vai do local ao global. Os formatos dos dados, por sua vez, também são diversificados e podem ser adquiridos e manipulados na forma de mapas, imagens, relatórios, gráficos, vídeos, entre outros (CAMARA et al., 2000).

A utilização da informática tem colaborado decisivamente na organização e disponibilização da informação geográfica. Informações espaciais e descritivas são mantidas integradas em Bancos de Dados Geográficos (BDG). A apresentação (usualmente sob forma de mapas) e a geração de nova informação a partir do processamento desses dados ocorrem por meio de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (RUSCHEL, 2003).

O poder de manipulação de dados pelo SIG, em termos de eficiência e eficácia, pode ser um grande aliado para os estudos ambientais e contribuir para uma compreensão mais atualizada da forma como se organiza e produz o espaço geográfico. O papel hoje desempenhado pelo SIG, embora de um modo mais complexo, dá continuidade aquele representado desde os primórdios pelo conhecimento cartográfico, sendo assim, deve-se conhecer tão bem este como aquele. A representação gráfica constitui um dos elementos fundamentais, juntamente com as teorias cartográficas, teorias sobre o espaço geográfico e teorias sobre processamento de dados, para o entendimento do SIG. Todavia, há que se buscar comprehendê-lo como algo novo e em grande parte necessitando de novos conceitos para sua melhor compreensão (LISBOA FILHO, 2003)

Além dos Sistemas de Informação Geográfica, o Sensoriamento Remoto tem sido utilizado para agilizar estudos ambientais e agrícolas. Define-se Sensoriamento Remoto como a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre, através da captação do registro da energia refletida ou emitida pela superfície, sem que haja contato físico entre o objeto e o equipamento sensor (MOREIRA, 2001). Dos produtos de sensoriamento remoto, como imagens de satélite, é possível extrair informações como características do plantio e a área ocupada pela cultura. Outra vantagem dessa tecnologia é permitir a rápida detecção de mudanças do ambiente, devido à cobertura repetitiva da superfície terrestre pelos satélites, em curto espaço de tempo, tornando-se assim, uma poderosa ferramenta para monitoramento de recursos naturais. O mapeamento do meio físico, incluindo o solo e relevo, bem como estudos sobre a dinâmica de ocupação das terras, podem ser mais facilmente realizados com o uso desta tecnologia.

Os dados oriundos do Sensoriamento Remoto, assim como os dados de outras fontes, em seus diferentes formatos e escalas devem ser previamente analisados antes da implementação do banco de dados. Para tanto, utiliza-se um modelo de dados conceitual, onde a descrição dos possíveis conteúdos dos dados, além de estruturas e de regras a eles aplicáveis, são modeladas. Isto permite a organização e manipulação de todas as informações relevantes, como a geometria, localização espacial, tipo de informação associada,

características temporais e as operações e transformações a que os dados serão submetidos (DAVIS JR.; LAENDER, 2000).

O OMT-G (*Object Modeling Technique for Geographic Applications*) é um modelo de dados conceitual, desenvolvido por Borges (1997), baseado no diagrama de classe OMT (*Object Modeling Technique*). Esse modelo de dados permite que cada objeto seja representado e apresentado adequadamente, além de incorporar suas características geométricas. A modelagem permite determinar o modelo mais adequado para representação de cada dado, para integrá-los livre de conflitos, executar as consultas necessárias e prever as possíveis dificuldades para a geração dos produtos cartográficos, comuns quando dados de diferentes fontes são utilizados no mapeamento (DAVIS Jr.; LAENDER, 2000).

INTEGRANDO GEOINFORMAÇÃO E CAFEICULTURA

A cafeicultura em Minas Gerais, apesar de sua importância em termos econômicos e sociais para o país, não dispõe, atualmente, de dados precisos e quantitativos sobre o seu parque cafeeiro. Faltam informações sobre a extensão, distribuição das áreas cafeeiras e as características dos ambientes onde estas áreas se localizam. O planejamento racional e o desenvolvimento sustentável de qualquer atividade agropecuária pressupõem o conhecimento do ambiente em que esta atividade está inserida. Conhecer o meio físico de uma região possibilita o entendimento das variações encontradas e a extração de informações e tecnologias para outros locais. Contudo, o conhecimento de sistemas complexos como os ecossistemas agrícolas, é uma atividade extensa e difícil de ser desenvolvida devido à complexidade dos dados, seu armazenamento e gerenciamento.

As geotecnologias podem facilitar, no caso da cultura do café, a avaliação da distribuição das áreas cafeeiras, com a quantificação e o entendimento das relações entre os sistemas de produção e o ambiente.

Neste artigo procura-se mostrar a estruturação, modelagem e implantação de um banco de dados geográfico para geração do “*Sistema de Informações para a cafeicultura do Sul de Minas*” utilizando o Modelo de Dados OMT-G como ferramenta para a modelagem dos dados.

ESTRUTURAÇÃO, MODELAGEM E IMPLANTAÇÃO DO BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO PARA CAFEICULTURA DO SUL DO MINAS

A integração dos dados e todo o processamento necessário estão sendo feitos utilizando o Sistema de Informação Geográfica SPRING versão 4.2 (Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas desenvolvido no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - (INPE, 2005). Inicialmente foram definidas as coordenadas que circunscrevem toda a Região do Sul de Minas Gerais e inseridos no sistema os diferentes tipos de dados, segundo as necessidades de caracterização do parque cafeeiro. Algumas informações secundárias foram importadas das bases de dados do GeoMINAS⁵, IGAM⁶, IBGE⁷, INPE e NASA⁸, e integradas ao banco de dados, enquanto outras foram ou estão sendo geradas por meio do processamento digital de imagens de satélite, levantamentos de campo, modelagens geomorfológicas e outras atividades.

As informações inseridas no Banco de Dados do Sul de Minas foram subdivididos em doze categorias (Figura 1): limite (limite da Mesoregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais), municípios (todos os municípios do Sul de Minas), hidrografia, deficiência hídrica, excedente hídrico, temperatura, aptidão do café, solos, microrregiões homogêneas com relação ao meio físico, imagens de satélite (GeoCover⁹, Landsat 5 TM¹⁰ e SPOT HRV¹¹), mapa índice (cartas topográficas - IBGE), relevo (SRTM¹²) e uso e ocupação da terra. As categorias municípios, limite, hidrografia, deficiência hídrica, excedente hídrico, temperatura, aptidão do café e solos foram importadas do banco de dados do GeoMINAS, estas informações formam a base cartográfica e serão refinadas ao longo do desenvolvimento do “Sistema de Informação da Cafeicultura do Sul de Minas”.

⁵ Geoprocessamento de Minas Gerais. Órgão do Governo do Estado de Minas Gerais: <http://www.geominas.mg.gov.br>

⁶ Instituto de Gestão Ambiental e do Desenvolvimento Auto-Sustentável: <http://www.igam.org.br/>

⁷ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: <http://www.ibge.gov.br/home/>

⁸ National Aeronautics and Space Administration: <http://www.nasa.gov/>

⁹ GeoCover: <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>

¹⁰ Landsat 5 TM: <http://www.landsat.com/>

¹¹ Imagens SPOT: <http://spotimage.fr>

¹² Shuttle Radar Topography Mission: <http://srtm.usgs.gov/index.html>

BANCO DE DADOS SUL DE MINAS

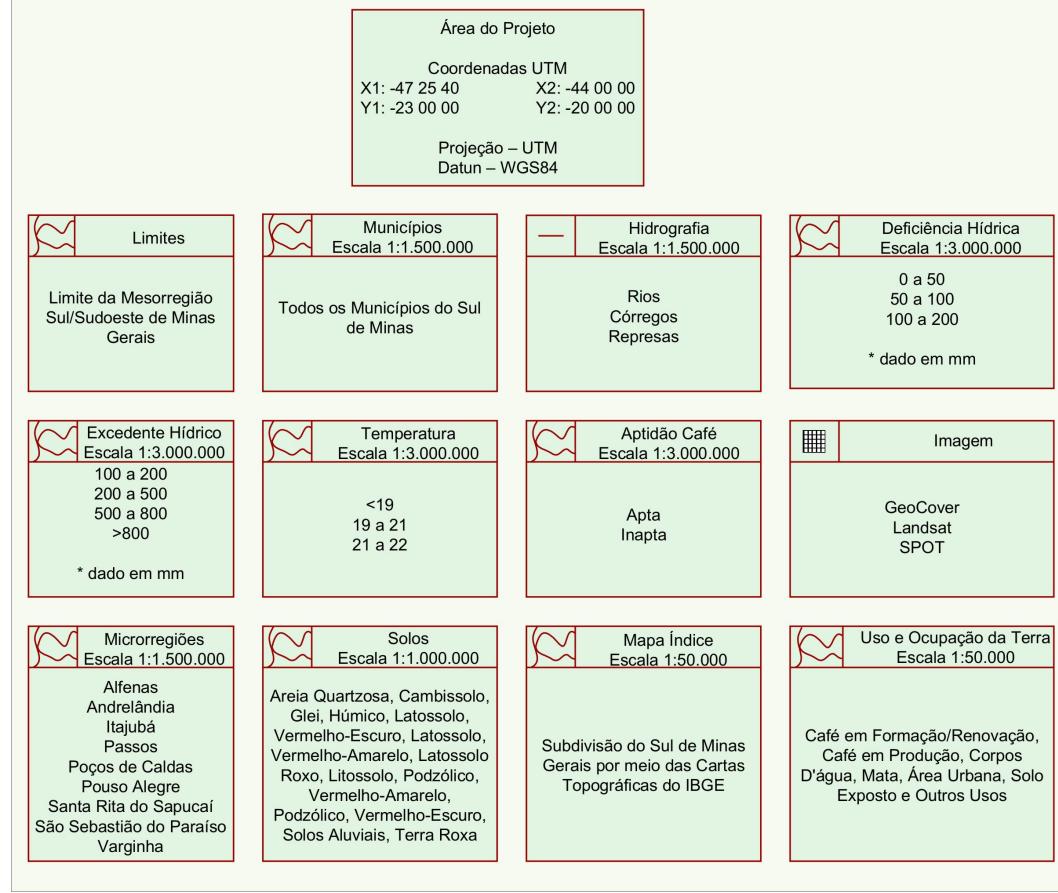


Figura 1: Categorias do banco de dados geográficos do Sul de Minas.

O mapa de solos GeoMINAS na escala 1:1.000.000 será refinado por meio de modelagens geomorfopedológicas. Nestas modelagens o próprio mapa de solos do GeoMINAS, mapas geológicos, mapas de declive, de hipsometria e de pedoformas serão cruzados com base nos modelos de distribuição de solos das paisagens regionais, estabelecidos por levantamentos de campo e descrição de perfis representativos, conforme metodologia descrita por Alves et al. (2004). Os cruzamentos serão operacionalizados no LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) do SPRING.

Imagens dos satélites Spot 4 HRV, Landsat 5 TM do ano de 2006, assim como o mosaico ortorretificado de imagens TM Landsat 5 (GeoCover) compõem a categoria Imagens de Satélite. As imagens do GeoCover (Figura 2) foram coletadas entre os anos de 1987 a 1993 e apresentam erro quadrático

médio de 50 metros (CREPANI; MEDEIROS, 2005) e serão utilizadas para o georreferenciamento das imagens SPOT e Landsat do ano 2006.

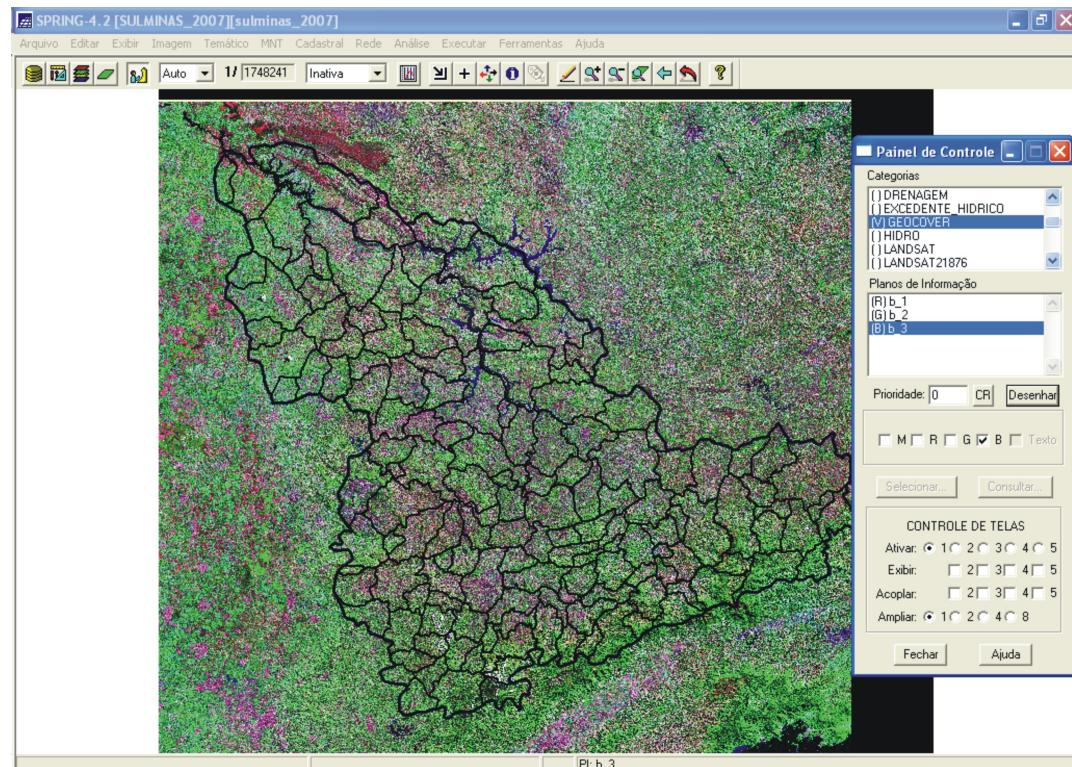


Figura 2: Imagem GeoCover sobreposta com divisão municipal do Sul de Minas
FONTE: EPAMIG (2007).

A categoria Mapa Índice, contém todas as cartas topográficas do IBGE na escala 1:50.000, que compõem o Sul de Minas, e foi subdividida em dezenove Planos de Informação (PIs), cada um equivalente a seis cartas. Essa subdivisão foi realizada em decorrência do grande volume de informações e consequente dificuldade de processamento. Além de facilitar o processamento, a divisão do espaço pelas cartas topográficas ou divisão municipal, foram importantes para o acesso e a extração de informações específicas de um município, área ou carta. Eventualmente, as porções limítrofes do Sul de Minas foram contempladas com áreas inferiores a seis cartas topográficas (Figura 3).

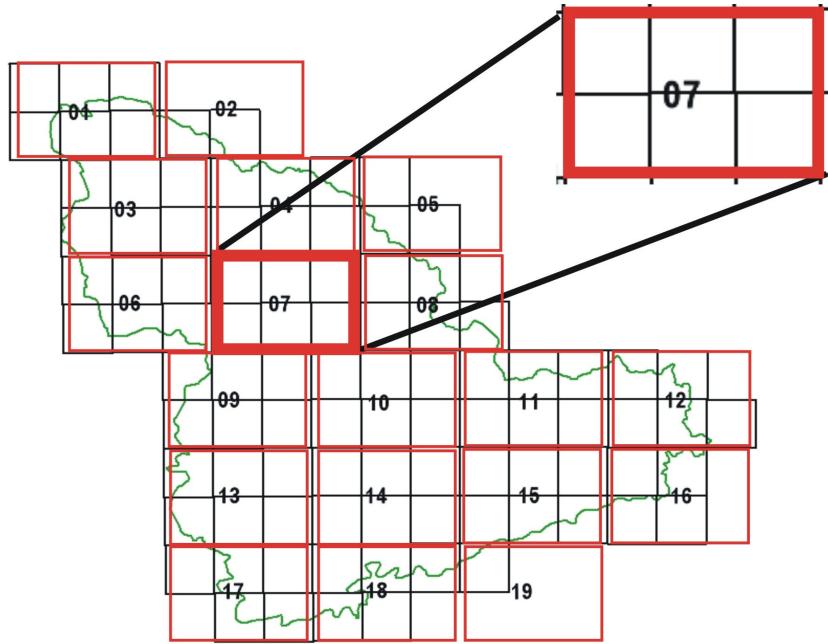


Figura 3: Limite da região Sul de Minas mostrando a divisão utilizada para implantação dos Planos de Informação (PIs) do banco de dados.

FONTE: Vieira (2007).

Na modelagem do Banco de Dados Sul de Minas, as Categorias, representadas em azul, agregam os Planos de Informação, representados em vermelho. A agregação é uma forma especial de associação entre objetos, onde se considera que um deles é montado a partir de outros. As associações simples entre as classes são representadas graficamente com linhas contínuas, enquanto relacionamentos espaciais são representados com linhas pontilhadas (DAVIS JR.; LAENDER, 2000). As operações entre os planos de informação estão representados em verde. Os esquemas gerados por essa modelagem podem ser vistos nas Figuras 4, 5, 6 e 7.

As informações do relevo foram obtidas de derivadas do modelo SRTM. Os dados SRTM estão disponíveis no site da USGS¹³ sob resolução de aproximadamente 90 metros e foram obtidos em formato TIFF. Dentre algumas características indesejáveis dos dados originais, apenas os pontos extremamente altos ou baixos (picos e vórtices) foram removidos em seção do software ENVI (2002), de onde os dados foram exportados em dois diferentes

¹³ United States Geological Survey: <http://www.usgs.gov/>

formatos, ASCII e TIFF. Eventuais objetos sobre a superfície do terreno como edificações ou mesmo uma cobertura vegetal distinta do seu entorno são incorporados ao modelo causando uma falsa impressão do relevo. Estas feições não foram removidas porque as técnicas de filtragem disponíveis causam uma suavização indistinta do relevo levando à perda de informações. Segundo Valeriano & Carvalho (2003), suavizações desnecessárias do MDE (Modelo Digital de Elevação) prejudicam o desempenho dos algoritmos de declividade.

O processamento dos dados SRTM para cada segmento, segundo o fluxo apresentado na Figura 4, consistiu de: (i) refinamento da grade de altitude: redução da resolução original dos dados de altitude de aproximadamente 90 para 30 metros, ou seja, a cada 30 metros nas direções E-W (X) e N-S (Y) foram inseridos novos valores de altitude por meio de interpolação bicúbica dos dados SRTM, seguindo a metodologia citada por Crepani & Medeiros (2004); (ii) geração da grade de declividade: transformação dos dados de altitude para porcentagem de declividade e posterior agrupamento em faixas correspondentes às classes de relevo plano, suave onulado, onulado, forte onulado, montanhoso e escarpado; (iii) geração das classes de altitude: agrupamento em faixas correspondentes às classes de altitude: 500–700m, 700–900m, 900–1.100m, 1.100–1.300m e 1.300–1.500m; (iv) geração da grade de orientação de vertente: transformação dos dados de altitude para grau de exposição e posterior agrupamento em faixas correspondentes às classes de orientação de vertente: N-NE, NE-E, E-SE, SE-S, S-SW, SW-W, W-NW E NW-N. A Figura 4 apresenta o resultado da transformação da grade SRTM no mapa de relevo, utilizando a metodologia acima citada.

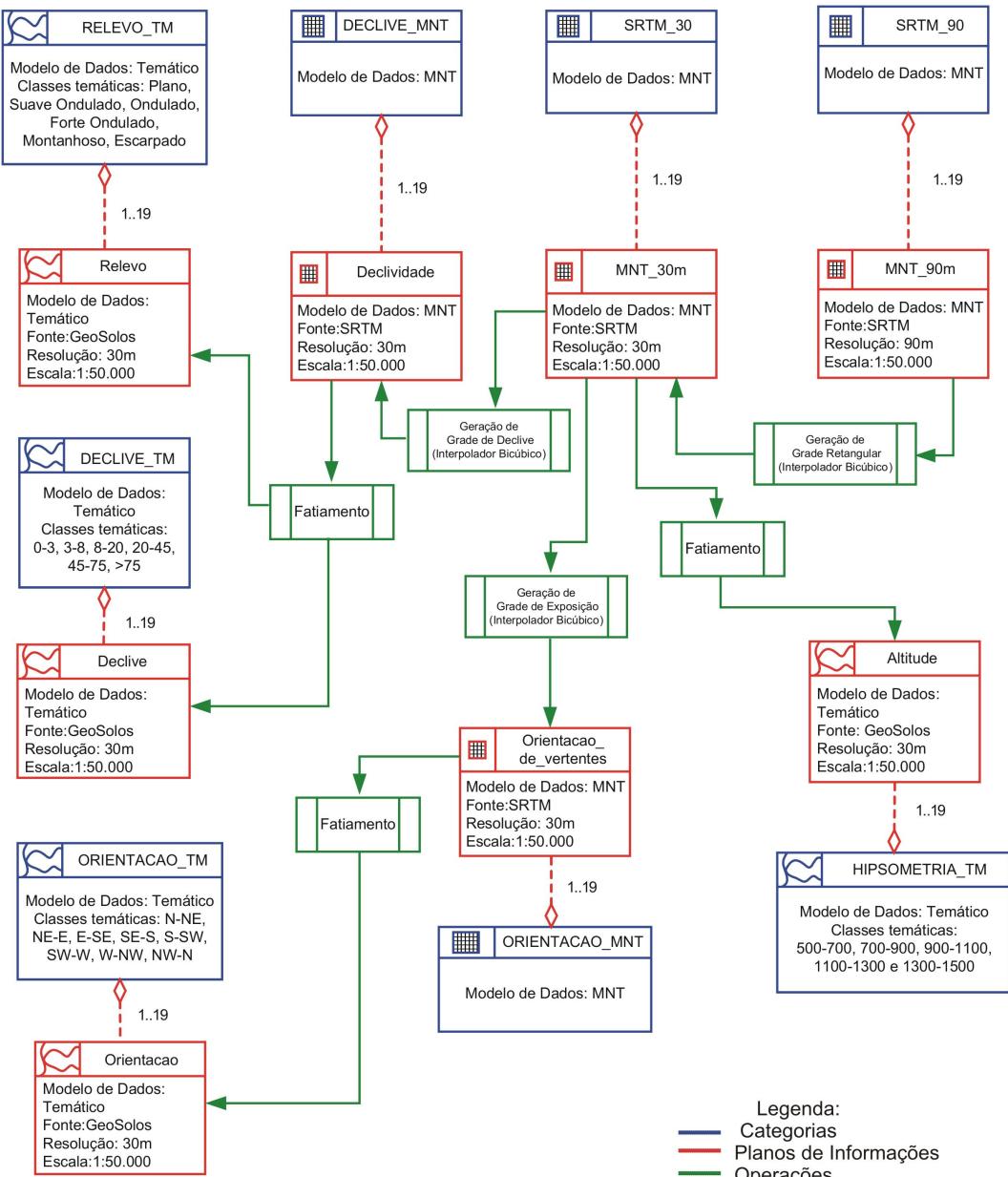


Figura 4 : Modelagem de relevo (altitude, declividade, fases de relevo e orientação de vertente) gerados a partir de quatro cenas do SRTM

FONTE: Vieira (2007).

NOTA: MDE – Modelo Digital de Elevação; SRTM – Shuttle Radar Topography Mission.

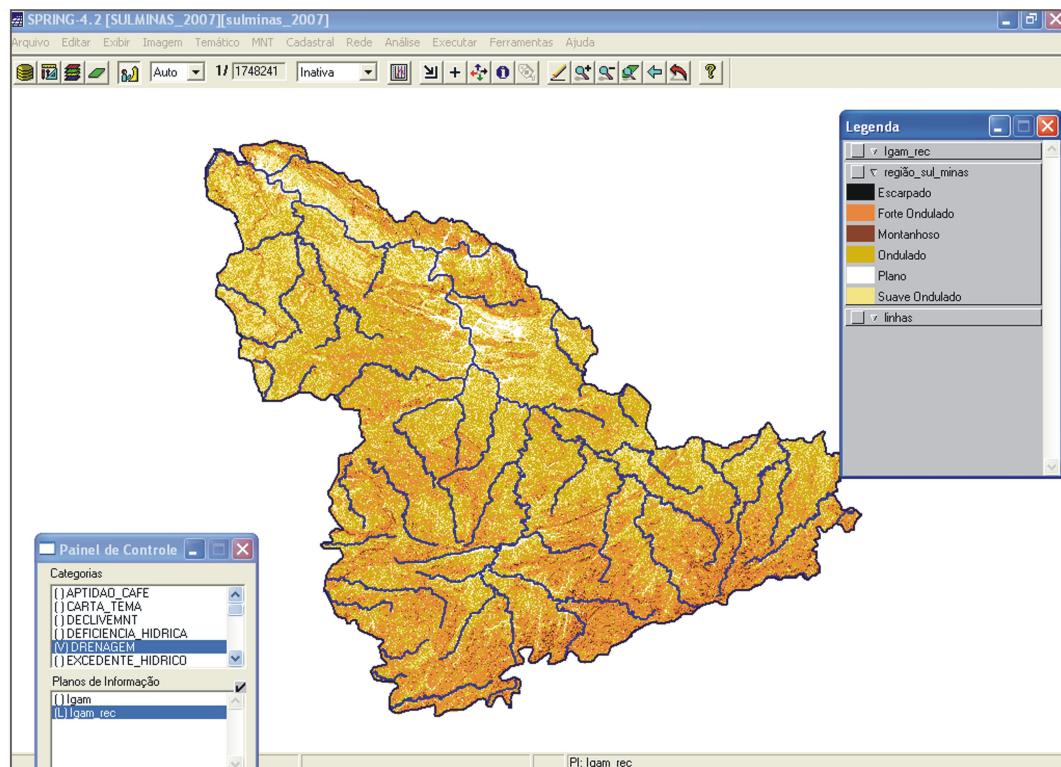


Figura 5 : Planos de Informação (PI) do relevo, pertencentes ao banco de dados geográfico do Sul de Minas, gerado no SPRING.

FONTE: EPAMIG (2007).

NOTA: SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas.

O próximo passo, na implantação do banco de dados, será a elaboração do Mapa de Uso e Ocupação das Terras e a avaliação das relações da cafeicultura com o ambiente. O Mapa de Uso e Ocupação das Terras será gerado por meio de segmentação e classificações automática e visual das imagens Landsat 5 TM e SPOT 4 HRV, conforme Figura 6. As imagens do satélite SPOT 4 possuem melhor resolução espacial e, portanto, espera-se que contribuam para uma melhor acurácia do mapeamento.

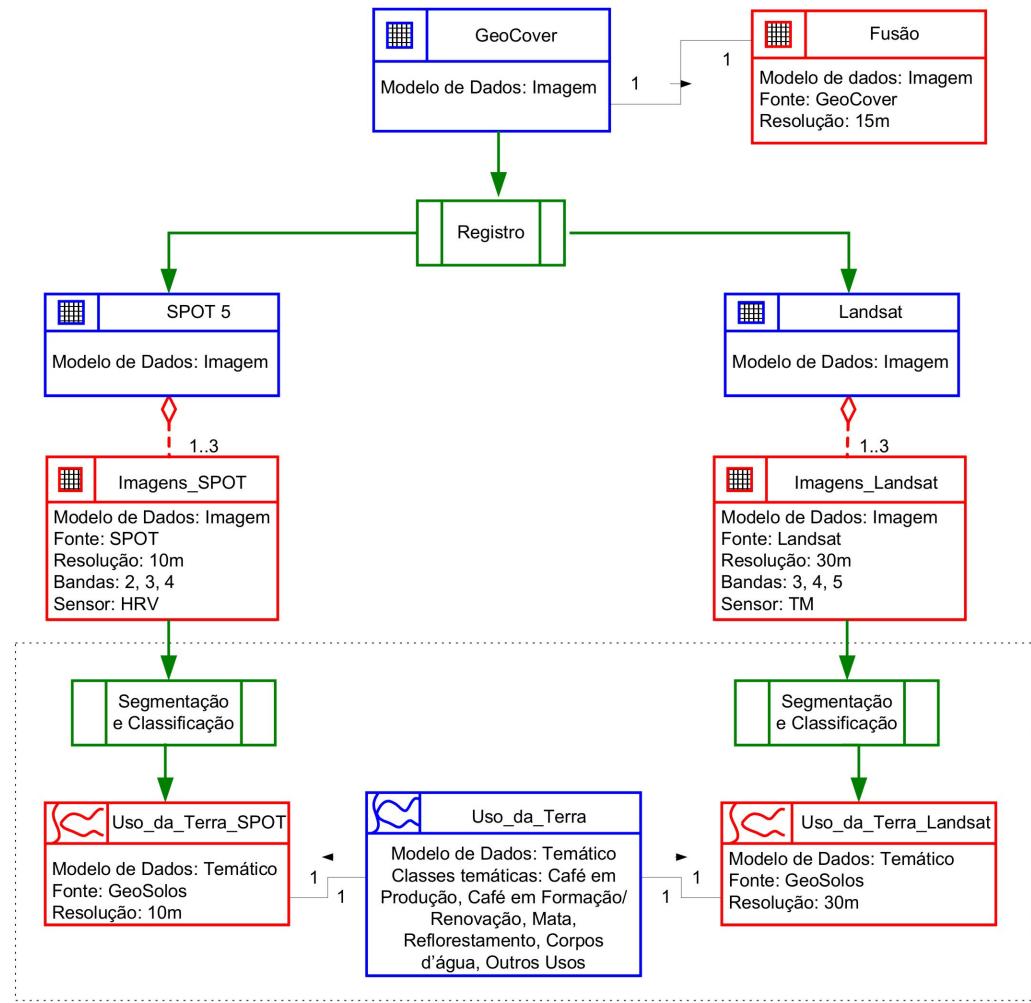


Figura 6 : Modelagem do uso e ocupação da terra gerado a partir de imagens

Landsat 5 TM e SPOT 4 HRVIR

FONTE: Vieira (2007).

Para avaliar as relações da cafeicultura com o ambiente, serão realizados cruzamentos dos mapas de uso da terra com os mapas temáticos de altitude, fases de relevo, declividade e orientação de vertente, seguindo o esquema da Figura 7.

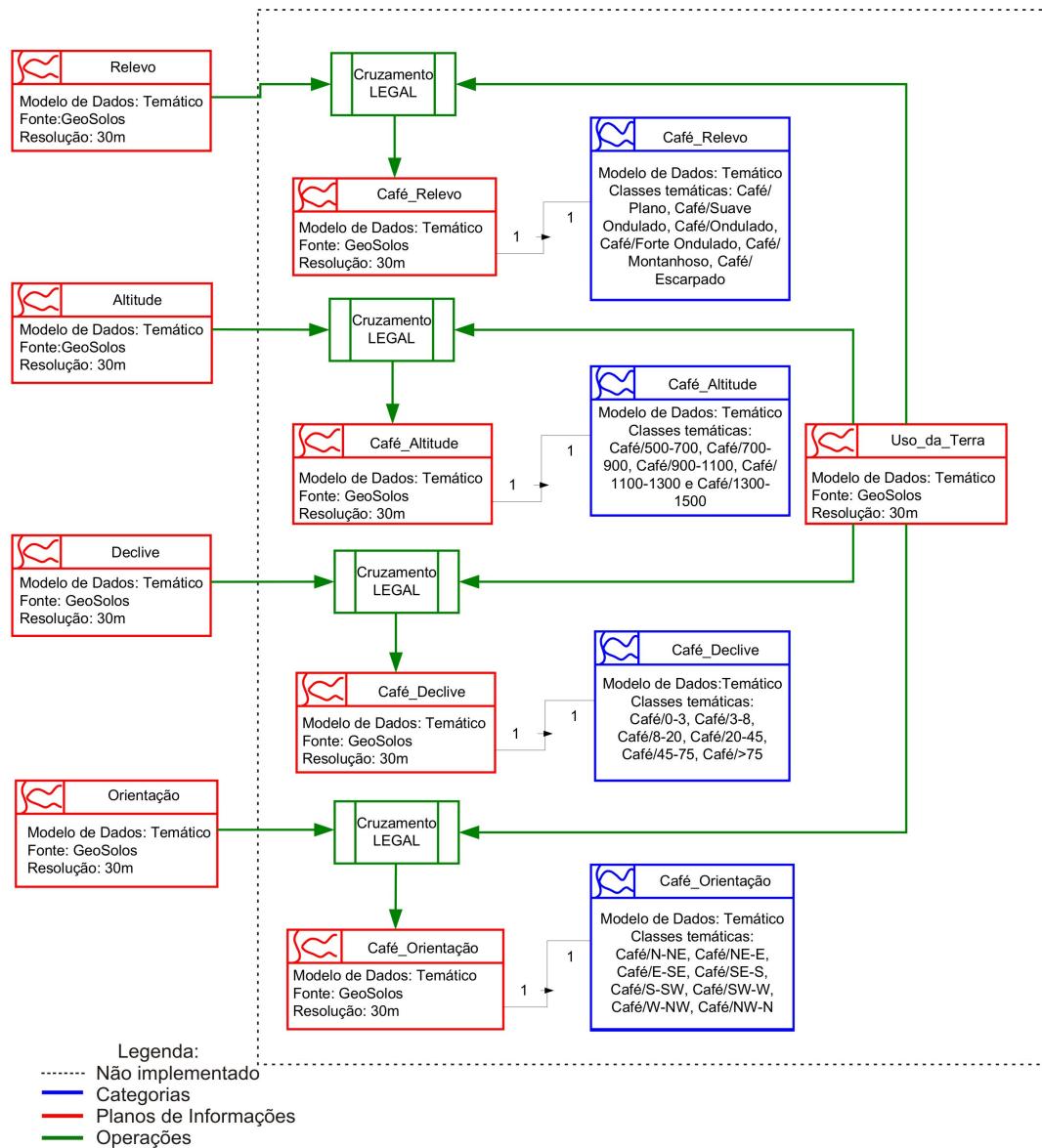


Figura 7: Modelagem dos Planos de Informação PIs de cruzamento do café com as informações do relevo (café altitude, café declive, café fases de relevo e café orientação)

FONTE: Vieira (2007).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo mostra a estruturação, modelagem e a implantação de um banco de dados geográfico contendo informações sobre a cafeicultura da região Sul de Minas por meio de geotecnologias. Os mapas produzidos serão relacionados com os sistemas de produção para estabelecer parâmetros que

melhorem o entendimento das relações entre o café e o ambiente. Estas informações constituem a base para o zoneamento agroecológico da cultura, para o mapeamento e monitoramento das áreas produtoras de café da região, fornecendo subsídios para o gerenciamento sustentável destes ambientes e para programas de previsão de safra, de certificação, produção integrada e qualidade, onde a rastreabilidade constitui requisito essencial.

O Modelo OMT-G foi de fundamental importância para a modelagem do Banco de Dados Sul de Minas, por permitir uma ampla relação entre o mundo real, o modelo conceitual e sua implantação no Sistema de Informação Geográfica. No caso da cultura do café facilita a avaliação da distribuição das áreas, com a sua quantificação e o entendimento das relações entre os sistemas de produção e o ambiente. Os resultados obtidos estão disponibilizados no Portal Vertical GeoSolos (www.epamq.br/gesolos). O Portal Geosolos é um agente facilitador de troca de informações entre os pesquisadores e pessoas distantes dos grandes centros de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALVES, H M. R.; VIEIRA, T. G C. LACERDA, M. P. C.; BERTOLDO, M. A.; ANDRADE, H. Characterization of coffee agroecosystems of the state of Minas Gerais in Brazil. In: INTERNATIONAL CONGRESS FOR PHOTOPGRAMMETRY AND REMOTE SENSING. THE INTERNATIONAL ARCHIVES OF THE PHOTOPGRAMMETRY, REMOTE SENSING AND SPATIAL INFORMATION SCIENCES, 20., 2004, *Anais...* Istanbul: ISPRS, 2004. DVD-ROM.

BORGES, K. A. V. **Modelagem de dados Geográficos:** Uma extensão do Modelo OMT para Aplicações Geográficas. 1997, 128p. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, 1997.

CAMÂRA, G.; MONTEIRO, A. M. V.; MEDEIROS, J. S. Representações computacionais do espaço: um diálogo entre a geografia e a ciência da geoinformação. IN: WORKSHOP SOBRE NOVAS TECNOLOGIAS EM CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS, 2000, Rio Claro. *Anais...* Palestra apresentada. Rio Claro: UNESP, 2000.

CASANOVA, M.; DAVIS, JR. C.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R. E.; CÂMARA, G. **Banco de dados Geográfico.** São Paulo: MundoGeo, 2005. 506p.

CREPANI, E.; MEDEIROS J. S. **Imagens Fotográficas Derivadas de MNT do Projeto SRTM para Fotointerpretação na Geologia, Geomorfologia e Pedologia.** São José dos Campos: INPE, 2004, 40 p. (INPE-11238-RPQ/761).

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. Imagens CBERS + Imagens SRTM + Mosaicos GeoCover LANDSAT em ambiente SPRING e TerraView: Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento gratuitos aplicados ao desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p.2637-2644.

DAVIS J. R., C. A., LAENDER, A. H. F. Extensões ao modelo OMT-G para produção de esquemas dinâmicos e de apresentação. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GEOINFORMÁTICA, 2., 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: GeoInfo, 2000, p.29-36.

ENVI Environment for Visualizing Images: ENVI Research Systems Inc. Version 3.6. Disponível em: <<http://www.envi.com.br>>. Acesso em: 28 ago. 2002.

EPAMIG. Centro Tecnológico do Sul de Minas. Laboratório de Geoprocessamento. **GeoSolos.** Lavras, 2007. Disponível em : <http://www.epamig.br/geosolos>. Acesso em: jul. 2007.

LISBOA FILHO, J. Projeto de banco de dados para sistemas de Informação geográfica. **Revista Eletrônica de Iniciação Científica** - REIC/SBC, v.1, n.2, nov. 2001. Disponível em: <<http://www.sbc.org.br/reic/edicoes/2001e2/>>. Acesso em: 05 ago. 2003

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação.** São José dos Campos: INPE, 2001. 250p.

RUSCHEL,C.; IOCHPE, C.; LISBOA FILHO, J. Modelagem de Processos de Análise Geográfica Utilizando o Framework GeoFrame. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOINFORMÁTICA, 5., 2003, Campos do Jordão. **Anais...** Rio de Janeiro: SBC, 2003. CD-ROM.

SPRING Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas. Versão 4.2. São José dos Campos: INPE. 2005.

VALERIANO, M. M.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. Geoprocessamento de modelos digitais de elevação para mapeamento da curvatura horizontal em microbacias. **Revista Brasileira de Geomorfologia.** v. 4, n. 1, p.17-29, 2003.

VIEIRA, T. G. C.; ALVES, H. M. R.; SILVEIRA, S. P. S.; BERNARDES, T.; SOUZA, V. C. O. Estruturação, modelagem e implantação do banco de dados geográfico para cafeicultura do Sul de Minas utilizando o modelo de dados OMT-G (Geo Modelling Technique – Geographic). In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2007. CD-ROM.