

TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO PARA MAPAS TEMÁTICOS DE ECOTURISMO: SUBSÍDIOS PARA PLANEJAMENTO

Alda Monteiro BARBOSA¹

João Viane SOARES¹

José Simeão de MEDEIROS¹

Paulo VENEZIANI¹

Teresa Gallotti FLORENZANO¹

Resumo

Este trabalho dedica-se à definição e mapeamento de unidades da paisagem com potencial para ecoturismo. A área de estudo deste protótipo inclui a quase totalidade do município de Capitólio e parte dos municípios de São João Batista do Glória e São José da Barra, na região do médio Rio Grande, em Minas Gerais. Trata-se de uma área com enorme potencial para ecoturismo, com diversidade de paisagens e logística adequada para o desenvolvimento das ferramentas. O trabalho fundamenta-se numa adaptação da metodologia de Zoneamento Econômico-Ecológico utilizando o conceito de unidades de paisagem, através de técnicas de Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento. O resultado do trabalho é um Banco de Dados Geográficos que permite consultas não somente dos atrativos, mas também do entorno, através da análise das unidades de paisagem. As informações sobre os aspectos ambientais e culturais da área inventariada foram mapeadas, em função das vias de acesso aos atrativos naturais e/ou culturais, utilizando os pictogramas de sinalização turística sugeridos pela EMBRATUR. Estes produtos subsidiarão aos órgãos gestores de turismo nas tomadas de decisão sobre o manejo de circuitos de ecoturismo e de trilhas interpretativas.

Palavras-chaves: Ecoturismo. Unidades de paisagem. Sensoriamento remoto. Geoprocessamento.

Abstract

Geoprocessing and Remote Sensing tools for thematic maps to help planning in nature based tourism

This research seeks the definition and thematic mapping of landscape units and its potential for ecotourism. The area of study includes regions of the municipal districts of Capitólio, São João Batista do Glória and São José de Barra, in the region of *medium* Rio Grande, in Minas Gerais, Brazil, an area of immense potential for ecotourism. The work was based on the adaptation of the Ecological-Economical Zoning methodology by INPE and the "land units" concept, using remote sensing and geoprocessing techniques. The result of the work is a geographical database that allows consultations not only of the attractions, but also of the environment, through the concept of land unit. The information on the environmental and cultural aspects of the inventoried area were mapped, as a function of the access roads to the natural and/or cultural attractions, using the pictograms suggested by EMBRATUR, the official tourism organization in Brazil. These products can help managers of tourism in their decisions about ecotourism circuits and interpretative trails.

Key words: Nature-based tourism. Land unit. Remote sensing. GIS.

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais -- INPE - Divisão de Sensoriamento Remoto - Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil - {alda, viane, paulo, teresa}@itid.inpe.br, simeão@dpi.inpe.br

INTRODUÇÃO

O Turismo assumiu nos últimos anos o papel de maior atividade civil do mundo em termos de geração de renda e emprego. De acordo com dados do Ministério do Turismo, em 2005, o Turismo no Brasil fechou o ano como o terceiro item na pauta das exportações, gerando uma receita na casa de US\$ 4 bilhões, com um crescimento de 10,53% em relação ao ano de 2004.

Dentre os inúmeros segmentos do turismo, é no **ecoturismo** que se encontra o segmento da atividade turística que mais cresce - cerca de 20% ao ano. Com o advento da Agenda 21, a qual sinaliza para a conciliação da utilização racional dos recursos ambientais, novos horizontes surgiram para um campo de atividade que se torna cada dia mais importante dentro do enfoque do desenvolvimento sustentável: o turismo ecológico ou, mais popularmente, **ecoturismo**.

O ecoturismo consiste em viagens ambientalmente responsáveis com visitas a áreas naturais relativamente sem distúrbios, para desfrutar e apreciar a natureza e as manifestações culturais, pretéritas ou atuais, promovendo ao mesmo tempo conservação e contribuindo para o desenvolvimento sócio-econômico das populações locais (adaptado do conceito de Ceballos-Lascurain, citado por PIRES, 1998).

Na definição do Instituto Brasileiro de Turismo - EMBRATUR (EMBRATUR, 1994), o ecoturismo é "um segmento da atividade turística que utiliza de forma sustentável o patrimônio natural e cultural, incentiva sua conservação e busca a formação de uma consciência ambientalista através da interpretação do meio ambiente, promovendo o bem estar das populações envolvidas".

A pesquisa procurou abordar o ecoturismo, relacionando também um novo aspecto do ordenamento territorial: o conceito de **unidades de paisagem** (ZONNEVELD, 1989). Tendo como base a adaptação da metodologia de Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) proposta por Crepani et al. (1999), o trabalho buscou adaptar um procedimento metodológico baseado em técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para a identificação de unidades de paisagem com valor para ecoturismo e sua representação através da cartografia temática, em múltiplas escalas, utilizando os pictogramas convencionados pela EMBRATUR (EMBRATUR, 2001) através de um SIG.

A área de estudo englobou grande parte do município de Capitólio, e parte dos municípios vizinhos de São João Batista do Glória, Guapé e São José da Barra, na região do médio Rio Grande, em Minas Gerais (Figura 1). Esta região pertence à Zona de Influência do Parque Nacional da Serra da Canastra, contendo inúmeras nascentes de águas cristalinas e atrativos turísticos de singular beleza cênica, os quais reforçam a importância da pesquisa, pois é urgente uma abordagem racional sobre a utilização e o manejo dos recursos naturais que devem ser conservados para as futuras gerações.

O trabalho foi estruturado objetivando a elaboração de uma Base de Dados composta por elementos físicos, sócio-econômicos e culturais da área de estudo. Esta Base, totalmente elaborada com geotecnologia nacional, permitirá com que os administradores municipais e autoridades ambientais possam ter subsídios para as análises necessárias à reordenação das atividades locais de uso e ocupação da terra, que no caso desta área inclui ecoturismo, agropecuária e atividades mineradoras (exploração de rochas quartzíticas).

Figura 1 – Localização da área de estudo, vias regionais de acesso e imagem sintética da área, em composição colorida, advinda da fusão das bandas ETM+ 345 RGB e imagem pancromática ETM+ através da transformação no espaço de cores IHS-RGB



CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS-METODOLÓGICAS DO ESTUDO

Cabe aqui uma discussão sobre a importância da paisagem como unidade temática de zoneamento no contexto turístico.

A paisagem de um lugar pode ser um recurso valiosíssimo, pois pode determinar o maior ou menor grau de atratividade de um local. Entretanto, a conceituação de paisagem é complexa, uma vez que esta é intrinsecamente ligada à percepção sensorial. Pires (2001) afirma que:

O ser humano percebe e vivencia as paisagens e a elas atribui significados e valores. (...) A percepção da paisagem é, portanto, influenciada pelas próprias características fisiológicas do ser humano, pelo seu caráter e personalidade e, também, por suas influências sociais e culturais (PIRES, 2001, p. 118).

O conceito de **unidade de paisagem** é considerado fundamental no estudo de ecologia da paisagem. A unidade de paisagem é definida como uma região do espaço ecologicamente homogênea para um nível de escala considerado, ou seja, retrata um sistema ecologicamente homogêneo. Zonneveld (1989) reporta que a idéia de unidade de paisagem é importante quando se pretende fazer uma avaliação de atributos da terra, sendo necessário integrar os aspectos de vegetação, solo, geomorfologia, geologia e os aspectos biológicos (influência da massa viva). Entretanto, o conceito de unidade de paisagem não se limita à adição desses temas separados, mas a integração entre eles, sempre considerando a idéia do todo, no sentido de sistema.

No que diz respeito à metodologia do Zoneamento Ecológico-Econômico, Becker e Egler (1996) propuseram como unidade de trabalho a Unidade Territorial Básica (UTB). As **UTB's** são as células elementares de informação e análise para um zoneamento ecológico-econômico. À semelhança de uma célula de um tecido vivo, que contém um conjunto de informações fundamentais à manutenção e à reprodução da vida, cada unidade territorial básica é uma entidade geográfica que contém atributos ambientais que permitem diferenciá-la de suas vizinhas, ao mesmo tempo em que possui vínculos dinâmicos que a articulam a uma complexa rede integrada por outras unidades territoriais.

Crepani et al. (1996) consideram que as UTB's são resultantes da combinação entre as unidades de paisagem natural e polígonos de intervenção antrópica que podem ser obtidas da análise e interpretação sistemática de imagens TM do satélite Landsat, ou de outras imagens de sensoriamento remoto. A delimitação das UTB's sobre uma imagem de satélite permite o acesso às relações de causa e efeito entre os elementos que a compõem, oferecido pelas diferentes resoluções (espacial, espectral, temporal e radiométrica) da imagem, ao contrário da simples justaposição de informações geradas em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) a partir de dados de diferentes escalas, datas e metodologias de trabalho, que nem sempre apresentam coerência entre elas. A utilização das imagens orbitais como "âncora" na metodologia do ZEE possibilita utilizar o potencial disponível do Sensoriamento Remoto e do Sistema de Informações Geográficas através de uma visão sinótica e holística da paisagem.

Zonneveld (1989) destaca que a representação complexa da idéia de unidade de paisagem pode ser armazenada em um Sistema de Informações Geográficas, através de algoritmos sofisticados, porém a integração de temas envolve atividade mental e interdisciplinaridade, ou seja, é necessária a contribuição de vários especialistas. Medeiros (1999) ressalta que para os procedimentos de estudos integrados de Zonneveld (1989), onde a paisagem é subdividida em entidades holísticas que se relacionam entre si, a modelagem no meio computacional de geo-objetos é mais interessante, porque permite um agrupamento segundo os atributos do objeto.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

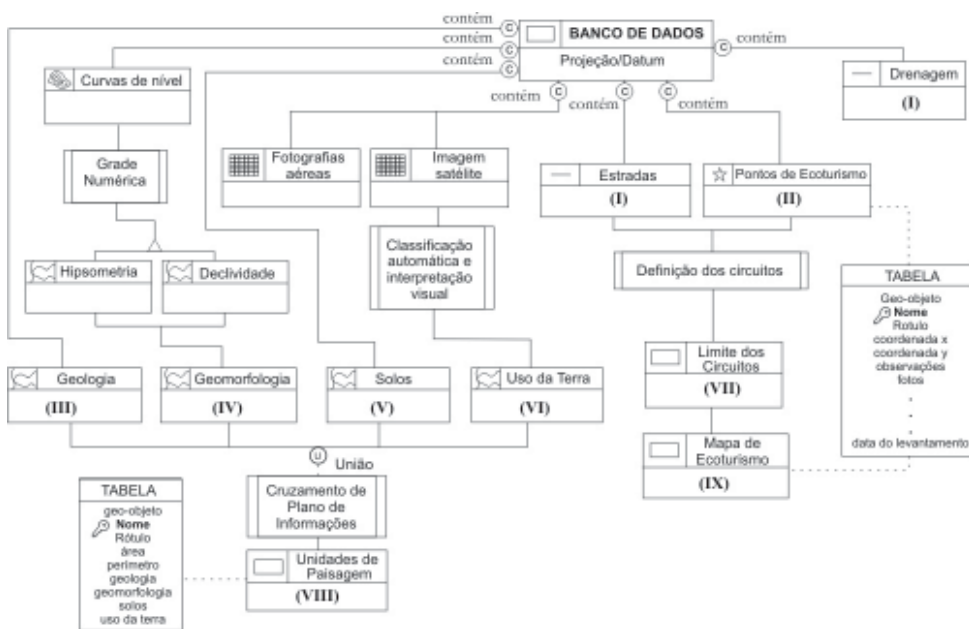
Para se atingir aos objetivos propostos, a pesquisa foi dividida em três etapas. Na primeira etapa, baseado na sistematização proposta por Ruschmann (1997), procedeu-se o levantamento de informações (de campo e de gabinete) para subsidiar o planejamento do ecoturismo na área, através da elaboração de um Banco de Dados Geográficos (BDG). O trabalho de campo desenvolveu-se através de atividades técnico-científicas com consultas à população e algumas lideranças comunitárias locais. Uma segunda fase da pesquisa foi adaptar a metodologia do ZEE/INPE (CREPANI et al., 1999) para integrar os elementos da paisagem e obter as unidades de paisagem, utilizando-se de técnicas de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas. No terceiro momento, o enfoque foi para a

documentação cartográfica para o turismo, utilizando-se de alguns elementos do sistema de Sinalização Turística da Embratur (EMBRATUR, 2001).

Para descrever a estrutura e as operações no Banco de Dados Geográficos, nesta pesquisa, utilizou-se a modelagem de dados espaciais conhecida como OMT-G ou Geo-OMT. O modelo OMT-G foi criado a partir de uma complementação do modelo OMT (*Object Modeling Technique*) e considera os fenômenos de variação contínua no espaço (geo-campos), os fenômenos de variação discreta (geo-objetos) e os não espaciais, sendo mais direcionado para aplicações geográficas.

Uma visão geral das etapas operacionais do trabalho (indicadas por algarismos romanos), é vista na figura 2, através da modelagem OMT-G.

**Figura 2 – Fluxograma Metodológico da pesquisa
(Banco de Dados com modelagem espacial em OMT-G)**



A ETAPA INICIAL DE GABINETE

Nesta pesquisa, o SIG utilizado foi o SPRING (Sistema de **P**rocessamento de **I**nformações **G**eorreferenciadas), aplicativo *freeware* desenvolvido pelo INPE, entretanto, a metodologia é factível em qualquer SIG que permita combinar planos de informação, manipular dados em modelo numérico de terreno e relacionar objetos espaciais a tabelas.

Na primeira etapa do trabalho, buscou-se obter o mapa-base da área de estudo na forma de carta-imagem. Na elaboração do mapa-base foram inicialmente levados em consideração (procedimento indicado por I, na figura 2) os principais elementos cartográficos e toponímias que constam nas cartas topográficas do IBGE (Folhas: Furnas, Capitólio e Santo

Hilário, escala 1:50.000), como: rede de drenagem, estradas e dados altimétricos (curvas de nível e pontos cotados). Algumas feições dos elementos cartográficos foram posteriormente atualizadas e/ou delimitadas a partir de produtos de sensoriamento remoto, tais como: traçado de malhas viárias, redes de drenagem, manchas urbanas, pequenas represas, contornos de reservatórios, planícies de inundação, pistas de pouso, etc.

Para a atualização dos dados foram utilizadas as imagens Landsat 7 ETM+ (datadas de 07/08/2001), Landsat 5 TM (datadas de 20/07/1990), Imagem Pancromática do Landsat 7 (07/08/2001), Imagem sintética provinda da fusão da banda PAN e bandas espectrais 3, 4 e 5 do ETM+, no espaço de cores IHS-RGB, além de fotografias aéreas coloridas (recobrimento de 02/08/2001), em escala 1:25.000. Uma vez elaborado o mapa-base, este foi impresso em diversas escalas, para orientação do trabalho de campo.

O LEVANTAMENTO DE CAMPO

O levantamento dos pontos com potencial para ecoturismo foi feito, basicamente, tomando-se nota das coordenadas planas ou geográficas dos atrativos, através do GPS de navegação (etapa indicada por II, na figura 2) e no preenchimento das devidas informações nos formulários de campo. Em cada atrativo eram feitos o registro fotográfico do local de interesse, observações do entorno e um croqui de localização, o qual ajudou posteriormente na identificação exata do ponto, durante a interpretação ancorada nos produtos de sensoriamento remoto.

Com base nas informações da Secretaria Municipal de Turismo, de agentes locais e com o apoio das imagens orbitais, o levantamento de campo teve início a partir de pontos que já apresentavam uma infra-estrutura básica para ecoturismo (exemplo, ao longo de rodovias e principais vias de acesso). Paulatinamente, foram também levantados durante o trabalho de campo outros atrativos naturais e culturais interessantes para o turismo da região.

Equipes de especialistas auxiliaram nos levantamentos da geologia, geomorfologia e da flora, na região de estudo, durante as fases da coleta de campo, validando as informações para o BD.

OS MAPAS TEMÁTICOS

Os mapas temáticos elaborados durante a pesquisa foram: Geologia, Geomorfologia, Solos, Uso da terra/cobertura vegetal. O mapa de Geologia (indicado por III, na figura 2) foi confeccionado a partir dos ajustes de unidades geológicas, mapeadas por Mattos (1986), na imagem de satélite. A imagem escolhida como “âncora” foi a Thematic Mapper Landsat 5, composição 5-4-3 RGB, datada de 16/07/1990, em função do baixo ângulo de elevação solar e da pouca influência da intensificação uso do solo nas feições do relevo, já que retratava o uso do solo na região há mais de dez anos atrás. Após a digitalização do mapa “escaneado” de MATTOS, foi feito o ajuste de linhas tendo a imagem de satélite como verdade terrestre, bem como os pontos do levantamento geológico de campo.

Partindo da premissa de integração das unidades de paisagem da metodologia do ZEE/INPE, o mapa de geomorfologia (indicado por IV, na figura 2) foi feito a partir dos ajustes de algumas linhas copiadas do mapa de geologia, que entraram como quebras negativas do relevo. A interpretação também foi apoiada na imagem TM Landsat 5, composição 543 RGB de 16 de julho de 1990, utilizando-se dos critérios de cartografia geomorfológica proposta por Ross (1992).

Inicialmente foram copiadas as linhas do PI de Geologia. A partir da interpretação das unidades geomorfológicas sobre a imagem, eram suprimidas as linhas desnecessárias do PI

de Geologia e delimitadas (digitalizadas) na tela as classes temáticas de geomorfologia, através da edição vetorial. A seqüência do procedimento é idêntica ao descrito na segunda etapa da elaboração do mapa geológico, entretanto, a interpretação foi apoiada nos seguintes aspectos: linhas de geologia (como quebra negativa), imagem (fornecendo a quebra positiva do relevo) e as curvas de nível. Algumas vezes, fez-se necessário o uso de telas auxiliares do SIG, ou seja, além da tela principal é acionada outra tela concomitantemente, onde é possível desenhar um outro PI em que se deseja a visualização em conjunto. Na tela auxiliar eram desenhados e acoplados os mapas de altimetria e de declividade, para apoiar a interpretação visual da geomorfologia.

Para a confecção do mapa de solos da área de estudo mencionada foram utilizados os levantamentos de Almeida et al. (1972) e de Camargo et al. (1962) como ponto de partida (etapa indicada por V). Entretanto, além da transposição para o meio digital, foi necessária a atualização destes levantamentos para a classificação de solos vigente, proposta pela EMBRAPA (1999). Através de um programa de álgebra de mapas específico do SPRING, denominado LEGAL (Linguagem Espacial Geográfica Baseada em Álgebra) foi realizada a reclassificação. O procedimento seguinte foi o ajuste das linhas do levantamento de solos, em função da imagem TM, das linhas de geologia, geomorfologia e das curvas de nível.

O mapa de uso da terra/cobertura vegetal (indicado por VI, na Figura 2) foi feito a partir de uma justaposição (mosaico) de vários Planos de Informação, onde cada PI, por sua vez, originou-se de uma técnica de classificação mais apropriada para cada alvo (tipo de uso/cobertura) encontrado. Esta opção metodológica justificou-se pelo fato da área de estudo se encontrar em um Domínio de Cerrado com encraves de Floresta Estacional Semidecidual, sendo considerada área de *tensão ecológica* (IBGE, 1992). Desta forma, o contato entre tipos de vegetação com estruturas fisionômicas semelhantes torna o trabalho de classificação extremamente difícil. No que diz respeito ao uso da terra, a tabela 1 apresenta os critérios para a discriminação de cada classe de uso da terra, realizada com as técnicas de sensoriamento remoto na pesquisa, em função da resposta espectral e da escala de trabalho utilizada.

MAPAS DE ATRATIVOS PARA ECOTURISMO

Para a elaboração dos mapas com os atrativos para ecoturismo da área de estudo foram necessárias duas etapas: a primeira foi definir os ícones (pictogramas) que representam o que foi levantado em campo e a segunda etapa foi definir alguns roteiros e/ou circuitos ecoturísticos.

ÍCONES DE ECOTURISMO

Os ícones de ecoturismo utilizados nos mapas para ecoturismo foram selecionados de duas formas. Primeiro, considerou-se dentre os setenta e seis pictogramas do Sistema Brasileiro de Sinalização Turística da EMBRATUR (EMBRATUR, 2001) aqueles que melhor representassem os atrativos encontrados no levantamento da área e que podiam ser utilizados como referência para ecoturismo. Todos os pictogramas foram disponibilizados em formato digital, em extensão "dxf", pela EMBRATUR (Figura 3). Também foram levadas em consideração as atividades em potencial (atividades passíveis de serem desenvolvidas na região). Entretanto, algumas atividades do chamado **turismo de aventura** não são contempladas no sistema de pictogramas da Embratur. Como a área de estudo continha potencialidade para estas atividades, recorreu-se a outros sistemas de ícones utilizados em revistas mais direcionadas ao público desse tipo de turismo, a fim de permitir certa familiaridade entre o usuário (ecoturista) e a comunicação visual dos mapas gerados.

Tabela 1 – Técnicas de processamento digital utilizado para a discriminação das classes de uso da terra /cobertura vegetal encontradas na área de pesquisa

CLASSE DE USO	TÉCNICA ADOTADA
Agricultura	Interpretação visual com digitalização e edição matricial
Áreas antropizadas/cultivo intensivo	Interpretação visual com digitalização e edição matricial
Áreas antropizadas/pastagens extensivas	Interpretação visual com digitalização e edição matricial
Campo de Altitude	Edição matricial.
Cerrado <i>lato sensu</i>	Classificador MAXVER
Dique/Barragens/Pontes	Interpretação visual com digitalização e edição matricial
Mancha Urbana	Interpretação visual com digitalização e edição matricial
Pedreira	Classificador ISOSEG
Reflorestamento	Interpretação visual com digitalização e edição matricial
Reservatório	Classificador ISOSEG e alguma interpretação visual
Vegetação Natural	Classificador MAXVER
Várzeas	Edição matricial

Figura 3 – Exemplos de alguns ícones do Sistema Brasileiro de Sinalização Turística, da Embratur (2001) utilizados na pesquisa

DEFINIÇÃO E MAPEAMENTO DOS CIRCUITOS

A definição de cada circuito (indicado por VII, na figura 2) foi feita em função da distribuição de pontos levantados e das vias de acesso, considerando também tempo de percurso e beleza cênica. De posse das coordenadas dos limites dos circuitos, foi gerado um

molde/carta contendo os seguintes planos de informação: imagem de satélite, drenagem, estradas principais, estradas secundárias, pontos levantados. Uma vez elaborado o molde/carta, é gerado um arquivo *pos-script* para edição cartográfica em arte final. Uma vez neste formato, foram feitas as edições necessárias, a saber: nome de rios, valores de coordenadas, valores de altitudes, tipos de ícones de ecoturismo, textos, legendas, etc, onde cada PI original ficou em uma camada diferenciada.

Para a geração dos mapas em sua arte final deve-se usar um aplicativo de desenho (programa computacional) com boa versatilidade de recursos de cores, fontes, preenchimentos, gerenciamento de camadas e tipos de linhas, tais como: cores e tamanhos de fontes para as toponímias, cores e tipos de linhas para os diferentes tipos de roteiros, tipos e cores de fontes diferentes para as coordenadas, etc. Estes recursos de comunicação cartográfica são importantes para chamar a atenção de um usuário que vai consultar mapas de ecoturismo.

MAPAS EM MODELO CADASTRAL

Os PI's em modelo cadastral foram elaborados de duas maneiras: uma, em que o próprio SIG gerou um PI de saída em modelo cadastral, a partir de modelos temáticos de entrada; e uma outra forma, em que foram fornecidos para o Sistema, os geo-objetos e utilizou-se de artifícios computacionais para "rotular" automaticamente os geo-objetos e associar os atributos (em formas de tabelas) que são colocados no Sistema.

Na obtenção do mapa de unidades de paisagem foi utilizado o primeiro caso. Na obtenção do mapa por atrativos, onde cada informação é pontual, foi utilizado o segundo caso. Segue a descrição metodológica para cada situação.

MAPA DAS UNIDADES DE PAISAGEM

O mapa de unidades de paisagem (indicado por VIII, na figura 2) foi gerado a partir dos PI's em modelo temático (formato vetorial) que foram fornecidos como dados de entrada. Os PI's de entrada foram: o mapa de geologia, o mapa de geomorfologia, o mapa de solos e o mapa de cobertura vegetal/uso da terra. O procedimento operacional é bastante simples: basta fornecer na interface de ferramentas do Sistema quem são os PI's de entrada, o nome do PI de saída e o nome do geo-objeto que será automaticamente gerado. Uma vez fornecidos estes dados, executa-se uma operação de intersecção dos PI's de entrada. O produto gerado pelo SIG é um mapa de geo-objetos, passível de consulta, onde os atributos dos objetos são as descrições das classes dos mapas temáticos fornecidos.

Como foi mencionado anteriormente, o procedimento operacional é simples, entretanto, o produto gerado (a unidade de paisagem) terá coerência se os dados temáticos de entradas forem elaborados com um perfeito ajuste de linhas sobre a imagem, a exemplo da integração de unidades de paisagem preconizado na metodologia do ZEE/INPE. Caso contrário, serão também gerados como geo-objetos, aquilo que é conhecido no jargão de geoprocessamento como "polígonos espúrios". Na eventualidade desta ocorrência, recomenda-se a eliminação destes polígonos, editando a correção no próprio SIG.

MAPA DE PONTOS DE INTERESSE PARA ECOTURISMO (MODELO CADASTRAL)

O mapa de pontos de interesse para ecoturismo (indicado por IX, na figura 2), em modelo cadastral, foi gerado a partir dos pontos levantados em campo. Inicialmente foi criado no Sistema um PI em modelo cadastral. Neste novo PI foram copiados todos os pontos levantados que já estavam no PI temático denominado "pontos". O passo seguinte foi importar a tabela com os atributos de cada ponto. Este procedimento pode ser efetuado através de uma planilha eletrônica, onde é estruturada uma tabela na qual cada campo (coluna) é um atributo que se deseja informar a respeito do geo-objeto (atrativo) em questão. Uma vez definidos os atributos, o passo seguinte foi exportar para o SIG as tabelas geradas na planilha eletrônica. Foi utilizado como gerenciador do Banco de Dados o aplicativo Access, sendo necessário que as planilhas fossem exportadas e salvas em extensão "mdb" ao serem transpostas para o SPRING. Após essa etapa, foi feita a ligação de tabelas, onde o SIG passou a reconhecer, através do identificador indicado, os geo-objetos e seus respectivos atributos.

A DEFINIÇÃO DAS UNIDADES DE PAISAGEM

O principal produto de síntese elaborado e mapeado com os recursos de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas, nesta pesquisa, é a **unidade de paisagem**.

A unidade de paisagem é a célula de planejamento e gestão que obedece a uma sistemática operacional compatível com a abordagem sistêmica, sendo passível de consulta e análise através de um SIG (BECKER; EGLER, 1996; MEDEIROS, 1999). As unidades de paisagem provêm do cruzamento de planos temáticos de informações através de um SIG. Entretanto, o tratamento de cada informação temática segue uma ordem taxonômica que hierarquiza os sistemas ambientais naturais das dimensões maiores e mais genéricas até dimensões menores representadas em escalas de 1:50.000.

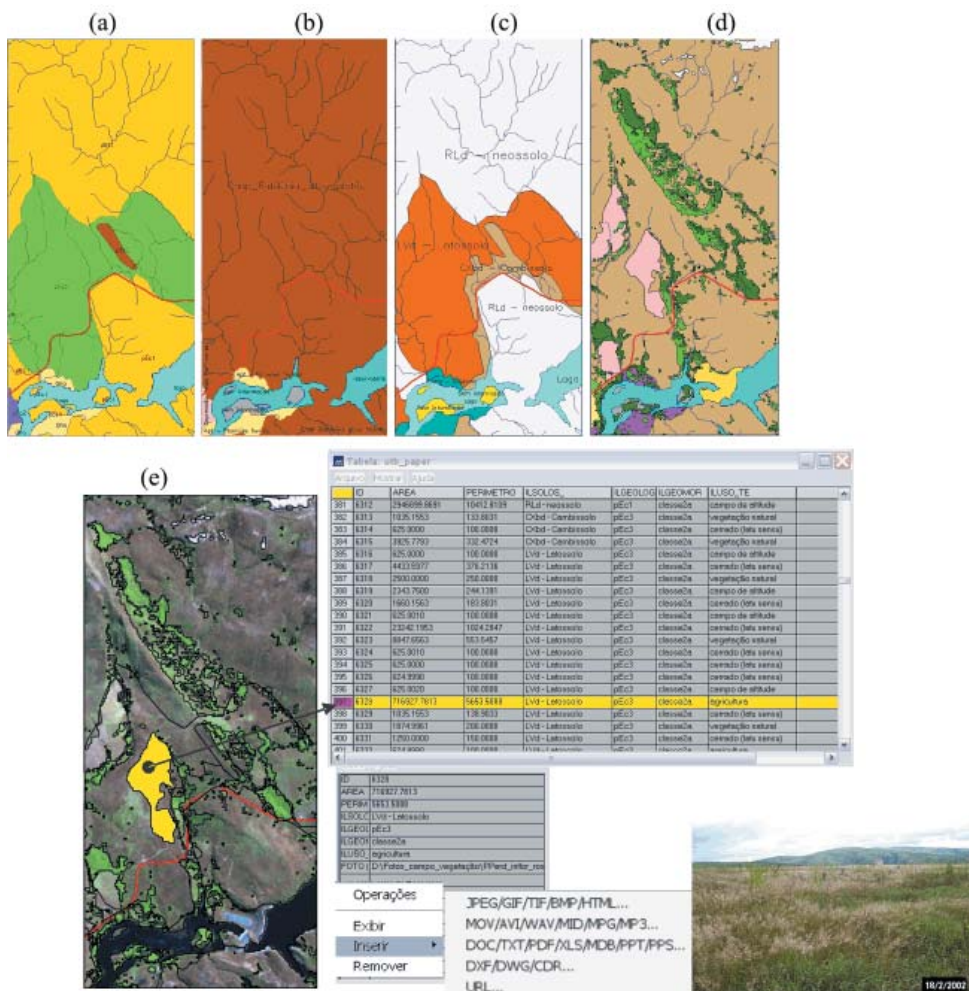
Na definição das unidades de paisagem foram integrados, nesta seqüência, os elementos temáticos de geologia, geomorfologia, pedologia e uso/cobertura do solo, caracterizando a multidisciplinaridade deste estudo. Como anteriormente descrito no item 2.3, em função das ferramentas geotecnológicas e do material cartográfico levantado, os mapas temáticos de solos e geologia preexistentes da região, tiveram suas informações diretamente ajustadas nas imagens de satélite, enquanto que os mapas temáticos de geomorfologia e uso/cobertura do solo foram gerados em uma escala de detalhes adequada aos propósitos da pesquisa. Cada tema foi sendo elaborado segundo critérios de interpretação utilizados em estudos integrados da paisagem. Somente depois da integração dos mapas temáticos com ajuda de especialistas, é que foi gerado pelo SIG o mapa de unidades de paisagem através do cruzamento de planos temáticos.

São os ajustes temáticos, através do trabalho integrado de especialistas em cada tema, sobre uma imagem âncora, que garantem com que cada unidade de paisagem passe a ser, no meio computacional, um geo-objeto, ou seja, um objeto individualizado com atributos descritivos de cada plano de informação temático de entrada, podendo estes ser complementados com outras informações (por exemplo, informações de âmbito sócio-cultural).

A figura 4 mostra o produto de mapas temáticos que deram origem ao mapa de unidades de paisagem. No caso em questão, foi escolhido o Circuito 1 da pesquisa para

exemplificar alguns processamentos executados neste artigo. Os procedimentos metodológicos encontram-se também descritos em Barbosa et al. (2003) e Barbosa (2003).

Figura 4 – Mapas temáticos de Geologia (a), Geomorfologia (b), Solos (c) e Uso / Vegetação (d) usados na elaboração automática do mapa cadastral (e) com geo-objetos que se constituem nas “unidades de paisagem”. A tabela de atributos também foi gerada automaticamente, permitindo consultas e complemento de campos. É mostrada uma unidade de paisagem, selecionada em amarelo, e seus atributos, com foto. Notar a versatilidade do SIG para a inclusão de vários formatos de arquivos digitais, permitindo o enriquecimento de informações sobre o objeto de estudo, que pode ser uma unidade de paisagem (polígono) ou um atrativo turístico (ponto)



RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Banco de Dados Geográficos gerado na pesquisa apresentou: 480 pontos coletados em campo através do GPS, com informações para elaboração de trilhas interpretativas; 15 pontos de Geologia, para o geoturismo; 188 pontos relacionados ao levantamento da vegetação; acervo fotográfico, com aproximadamente mil fotos, mostrando atrativos naturais, potencial florístico e aspectos culturais; mapa das unidades de paisagem, passível de consulta sobre quais unidades podem ter potencialidade para ecoturismo; levantamento (fichamento) dos principais atrativos: cachoeiras, hotéis e equipamentos turísticos - termo técnico para designar o conjunto de edificações, de instalações e serviços indispensáveis ao desenvolvimento da atividade turística (BENI, 1998). Os principais atrativos da região totalizaram: vinte e uma cachoeiras, dois alambiques, três postos de gasolina, dois postos de venda de doces, dois clubes recreativos, três equipamentos turísticos, três hotéis, dois hotéis em construção (um deles hotel-fazenda), duas pousadas, uma loja de artesanato local, quatro restaurantes de comidas típicas e uma praia municipal artificial.

A análise dos resultados obtidos pode ser considerada sob três aspectos: a obtenção das unidades de paisagem com potencial para ecoturismo provindo do zoneamento da área de estudo; a documentação cartográfica por circuitos; e o gerenciamento do Banco de Dados Geográficos propriamente dito.

A obtenção de unidades ambientais ou unidades de paisagem como resultado da integração de diferentes fatores ou elementos do meio físico revela-se extremamente útil no processo de planejamento, na medida em que busca expressar a complexidade existente na paisagem, e garante um nível de detalhamento equilibrado entre as variáveis físicas adotadas.

Não é possível esgotar aqui as inúmeras formas de análise de uma paisagem obtidas através de um SIG. Todavia, para ilustrar que o mapeamento de unidades ambientais é uma poderosa ferramenta que organiza espacialmente as informações levantadas sobre a paisagem, serão apresentados alguns exemplos de gerenciamento ou consulta, através do SPRING.

É sabido que algumas características da paisagem evidenciam potencialidades para ecoturismo, tais como: a litologia fraturada de quartzito pode estar relacionada a regiões com belíssimos paredões e/ou cachoeiras; regiões mais planas ou com solos mais profundos, ao turismo rural. Regiões próximas às vias de acesso apresentam uma cobertura vegetal mais alterada pela presença antrópica, ou ainda, às regiões elevadas, associam-se coberturas vegetais específicas, como os campos rupestres, cuja biodiversidade é riquíssima, fornecendo elementos para a ordenação de unidades de conservação. Regiões de escarpas, se não apresentarem alterações antrópicas consideráveis, geralmente apresentam singular beleza cênica. Regiões de relevo mais dissecado podem também apresentar potencialidades para *trekking*. Todos esses elementos mencionados são possíveis de serem consultados em um Banco de Dados Geográficos através da espacialização integrada do meio físico e biótico.

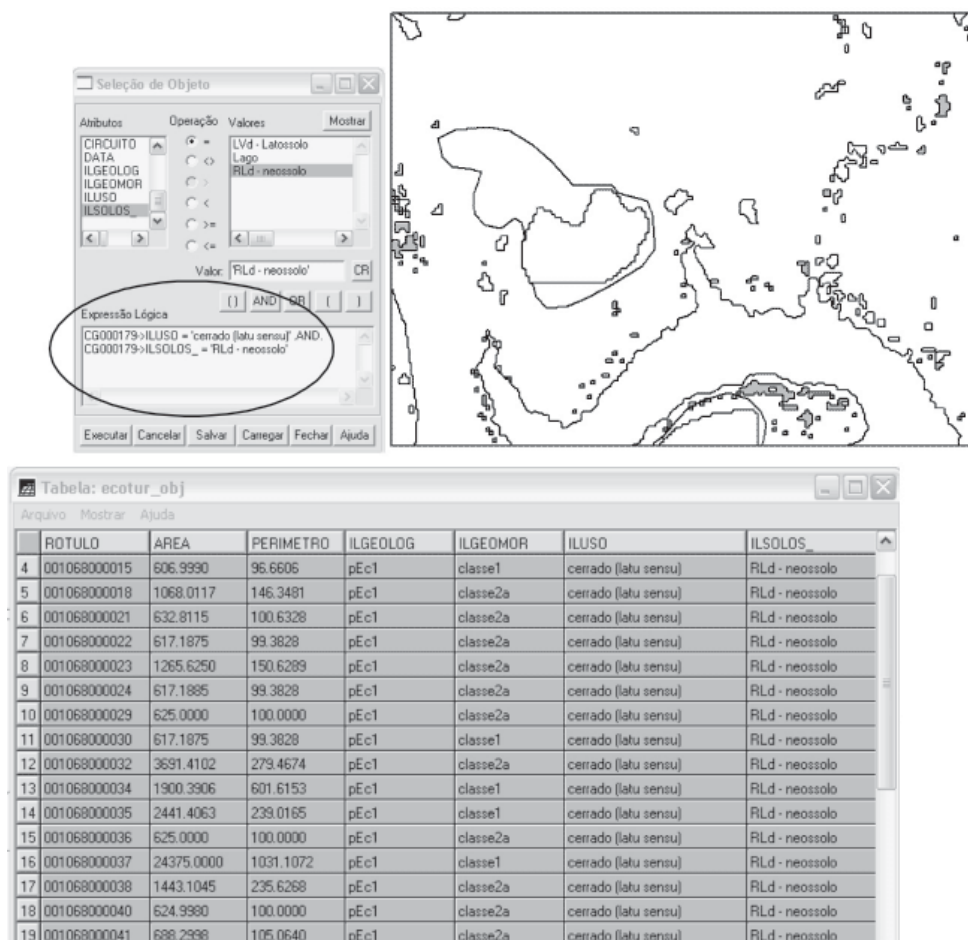
O usuário e/ou órgão gestor do Banco de Dados Geográficos pode fazer o seguinte tipo de consulta: considerando que as cachoeiras estão mais comumente presentes em solos do tipo neossolo litólico e que a região de cerrado apresenta uma biodiversidade relevante para uma trilha interpretativa de ecoturismo, então, ***“quais são as unidades de paisagem que apresentam neossolo litólico e cerrado ao mesmo tempo?”***. Para elucidar essa questão, é preciso digitar no módulo consulta do SPRING “neossolo AND cerrado” e mandar executar a expressão lógica criada, o resultado aparecerá em forma de tabela, que pode ser manipulada de várias formas. Selecionando os campos da tabela, as respectivas unidades de paisagem (polígonos) aparecem em destaque (no caso em questão, na cor verde) no mapa e é possível quantificar a área, ou gerar um PI exclusivo apenas com os elementos que aparecem (Figura 5).

O Sistema também permite, através de operadores zonais, fazer vários tipos de consulta ou análises, cruzando planos de informações. Como foi dito, não é objetivo deste

artigo demonstrar todas as possibilidades de consultas exequíveis em um SIG, uma vez que isso dependerá da necessidade de análise formulada pelo usuário e/ou órgão gestor. Novas informações quantitativas ou qualitativas (atributos) podem ser acrescentadas aos campos de cada unidade de paisagem, como por exemplo, valores hierárquicos de atratividade para o turismo (BENI, 1998). Pela versatilidade da concepção geossistêmica, através de um SIG, cada unidade de paisagem torna-se uma célula de planejamento para a gestão ambiental passível de ser analisada de inúmeras formas, inclusive através de um zoneamento para avaliação da **capacidade de suporte** (IBAMA, 1997).

Figura 5 – Exemplo de uma consulta em um SIG, onde foi pesquisado onde estão as unidades de paisagem que apresentam cerrado e neossolo ao mesmo tempo (destaque para a expressão da consulta na elipse do canto superior esquerdo).

Na tabela, gerada como resultado da consulta, é possível identificar e quantificar o tamanho de cada unidade de paisagem que atenda à condição solicitada



A documentação cartográfica da pesquisa consistiu no mapeamento temático de Geologia; Geomorfologia; Solos, na nova classificação da Embrapa (EMBRAPA, 1999); Uso da Terra e Cobertura Vegetal; Declividade e Hipsometria. Incluiu ainda oito blocos-diagramas dos circuitos (Figura 6), oito mapas de locais com potencial para circuitos de ecoturismo (exemplo de mapeamento de um circuito na Figura 7), um mapa geral com os principais atrativos da área de estudo e um quadro, em forma de tabela, com observações e/ou sugestões para a prática de atividades relacionadas ao ecoturismo.

Figura 6 – Exemplos de produtos obtidos através de um Sistema de Informações Geográficas e técnicas de sensoriamento remoto. Ao centro, o mapa geral (carta-imagem) de atrativos da área de estudo, mostrando pontos de relevância turística sinalizados com os pictogramas da Embratur. Em sua volta aparecem, em 3-D, detalhes de oito circuitos gerados através de ângulos azimutais e de elevação diferenciados

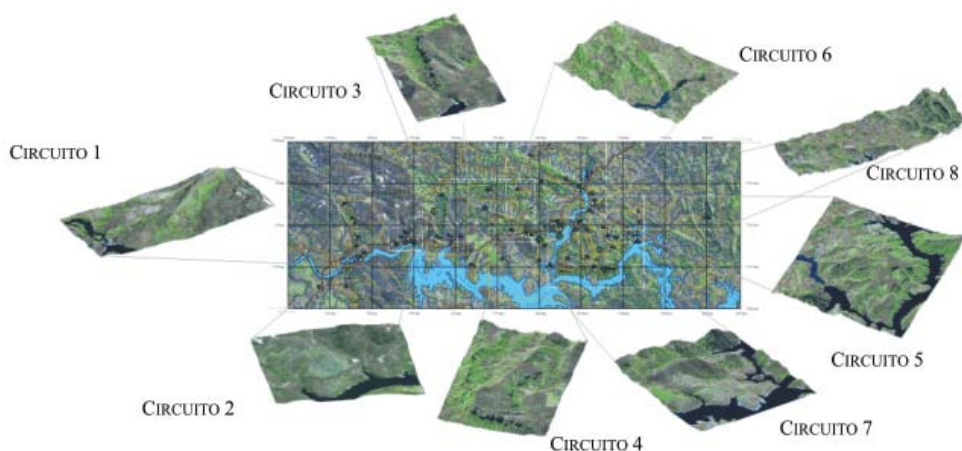


Figura 7 – Exemplo de documentação cartográfica, referente a um dos circuitos, elaborada através de Sistema de Informações Geográficas e técnicas de sensoriamento remoto. Na pesquisa foram geradas cartas-imagens de oito circuitos destacando a comunicação visual para o turista, através do sistema de sinalização turística da EMBRATUR



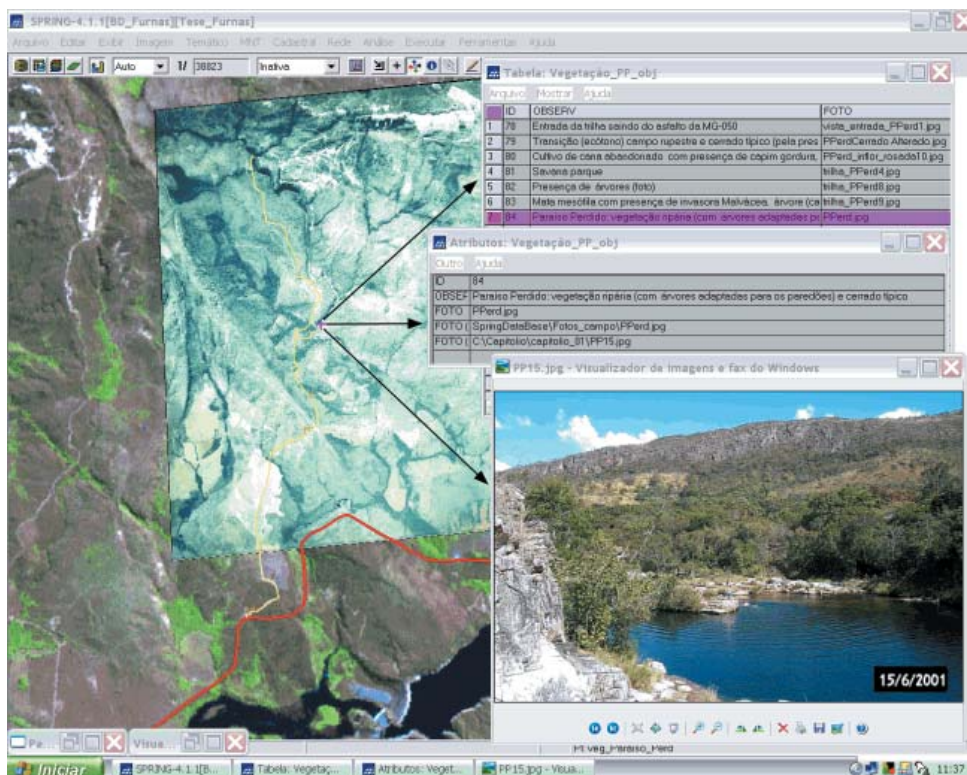
Martinelli (2001) chama a atenção que a paisagem, vista como totalidade social contida no arranjo espacial dos componentes temáticos (geologia, relevo, clima, rede de drenagem, vida animal e vegetal, uso do solo, etc.), tem somente representação mediante uma cartografia de síntese. O autor afirma que: "na lucubração de síntese, o mapa representará unidades espaciais que significam agrupamentos de lugares caracterizados por agrupamentos de atributos". Uma cartografia turística deve ser concebida juntamente com uma cartografia ambiental.

Ainda segundo Martinelli (2001), as unidades espaciais as quais se constituem nas unidades de paisagem, quando direcionadas para o ecoturismo poderão ser vistas como unidades de paisagem dotadas de potencial turístico. Este direcionamento pôde ser adquire-

do, nesta pesquisa, através de um módulo de consultas de um SIG, sendo possível gerenciar o BDG não somente através de unidades de paisagem, mas também individualmente por atrativos (pontos), tais como: cachoeiras, restaurantes, hotéis, lojas de artesanato, etc (Figura 8).

Os recursos de um SIG permitem incrementar uma cartografia que pode orientar um aproveitamento racional e consciente da Natureza, auxiliando na gestão apropriada dos recursos ambientais. Torna-se possível estabelecer itinerários turísticos dentro de parques ecológicos, exaltando a presença de fauna e flora de alto interesse educativo, indicando nichos de singular valor naturalístico. Também é possível ressaltar aspectos de monumentos culturais e históricos, ou ainda **quantificar** a informação através da **hierarquização da atratividade dos insumos turísticos**. Desta forma, as informações inventariadas e contidas no BDG ganham um outro patamar de análise, mais elevado, próprias para atender um **diagnóstico turístico**.

Figura 8 – Exemplo de gerenciamento do Banco de Dados Geográficos através de pontos. A informação pode ser a representação pontual de um atrativo ou uma seqüência de pontos que formam uma trilha. No exemplo, em cada ponto da trilha (Paraíso Perdido, Município de S. J. Batista do Glória-MG) é possível associar uma informação como atributo do atrativo, através de fotos, textos, planilhas, filmes, url's, etc. O BDG torna-se uma ferramenta que capacita o órgão gestor a tomar decisões sobre a melhor forma de gerenciamento do atrativo



CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As considerações finais do trabalho podem ser resumidas nos seguintes itens:

1. A proposta metodológica permitiu reunir elementos para subsidiar o planejamento em ecoturismo através das técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, ampliando as possibilidades de planejamentos turísticos municipais de um sistema de informações para um **sistema de informações georreferenciadas**.
2. A metodologia de zoneamento desenvolvida permitiu que a partir da definição das unidades de paisagem seja possível gerar coleções específicas (mapas com temas) através de um módulo de consulta de um SIG. O diferencial nesta proposta é que a consulta sobre os atrativos não se limita somente à análise pontual, mas também do entorno, através do conceito de unidades de paisagem. Entretanto, importante ressaltar **o papel do especialista no ajuste dos temas e na análise dos elementos de paisagem**.
3. Diversas informações podem ser complementadas no BDG e disponibilizadas em um portal na Internet, tornando-se uma importante ferramenta para as finalidades de educação ambiental, de lazer e de estudos científicos. Sugere-se a complementação, por uma equipe especializada, de informações sobre a fauna local. Recomenda-se também que as prefeituras municipais se organizem no sentido de obterem recursos para um levantamento plani-altimétrico de mais detalhe para a elaboração de seus mapas municipais, em escala 1:10.000, por exemplo, que podem ser ricamente utilizados para planejamentos em ecoturismo.
4. No que tange às técnicas de sensoriamento remoto, a fusão de imagens no espaço de cores IHS-RGB mostrou-se satisfatória para uma escala de trabalho de até 1:50.000. Convém destacar a importância cada vez maior de sensores de alta resolução espacial e de outras técnicas de fusão de imagens que permitam melhorar a qualidade da resolução espacial para os mapeamentos de detalhes (trilhas, cachoeiras, paredões, etc), bem como o uso de produtos do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) na altimetria dos dados. A metodologia foi toda elaborada em um SIG de distribuição e suporte técnico gratuitos, podendo também se utilizar de produtos de sensores orbitais obtidos sem custos (imagens do CBERS-2, por exemplo), o que permite que municípios brasileiros tenham acesso às geotecnologias, democratizando a gerência de informações espacializadas em nosso país.
5. A modelagem de todas as informações em um Banco de Dados Geográficos atendeu às solicitações necessárias para um **inventário turístico**, ponto de partida para os **diagnósticos turísticos**, elementos essenciais em um planejamento racional do turismo em base sustentável. Este trabalho também atende às orientações das Diretrizes da EMBRATUR (EMBRATUR, 1994), principalmente no que diz respeito às ações de fortalecimento interinstitucional e no controle da qualidade do produto do Ecoturismo.
6. A proposta metodológica consolidada nesta pesquisa foi aceita pelo Programa Nacional de Ecoturismo do Ministério do Meio Ambiente (MMA) como referência para o Projeto SIG-Ecotur (Ação 7570 do PPA 2004-2007), pela versatilidade da análise das unidades de paisagem, sendo que almeja-se implantá-la em nível nacional, com início em três áreas-pilotos previamente selecionadas pelo MMA.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, A. M. **Subsídios para o planejamento em ecoturismo na região do Médio Rio Grande, Minas Gerais, utilizando geoprocessamento e sensoriamento remoto**. 2003. 249 p. (INPE-10293-TDI/912). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2003.
- BARBOSA, A. M.; SOARES, J. V.; MEDEIROS, J. S. Utilização de Sistemas de Informações Geográficas e produtos de sensoriamento remoto como subsídio para planejamento em ecoturismo no município de Capitólio – MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11, 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. p. 551-558. Disponível em : <ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.18.18.04.23>. Acesso em: 18 nov. 2004.
- BECKER, B. K.; EGLER, C. A. G. **Detalhamento da Metodologia para Execução do Zoneamento Ecológico-Econômico pelos Estados da Amazônia Legal**. Brasília - DF: SAE-Secretaria de Assuntos Estratégicos/ MMA-Ministério do Meio Ambiente, 1996. 40 p.
- BENI, M. C. **Análise estrutural do turismo**. 2. ed. São Paulo: Editora SENAC - São Paulo, 1998. 427 p.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos: INPE, junho 2001, 80 p. INPE /8454/RPQ/722.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Serviço de Produção de Informação da Embrapa, 1999. 412 p.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - FIBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, RJ: FIBGE, 1992. 94 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **Demanda de instrumento de gestão ambiental – zoneamento ambiental**. Brasília - DF, IBAMA, 1997. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/ambtec/documentos/Zoneamento.pdf>> Acesso em out. 2005.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE TURISMO - EMBRATUR. **Diretrizes para uma política nacional de ecoturismo**. Brasília: Embratur, 1994.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE TURISMO - EMBRATUR. **Guia Brasileiro de Sinalização Turística**. Brasília: Embratur, 2001. 163 p.
- MARTINELLI, M. Cartografia do turismo: que cartografia é essa? In: LEMOS, I. G. (Org.). **Turismo: impactos socioambientais**. São Paulo: Hucitec, 2001. p. 297-293.
- MEDEIROS, J. S. **Bancos de dados geográficos e redes neurais artificiais: tecnologias de apoio à gestão de território**. 1999. 236 f. São Paulo. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo 1999.
- PIRES, P. S. A dimensão conceitual do ecoturismo. **Turismo – Visão e Ação**, v. 1, n. 1, p. 75-91, 1998.
- PIRES, P. S. A paisagem rural como recurso turístico. In: RODRIGUES, A. B. (Org.). **Turismo rural: práticas e perspectivas**. São Paulo: Contexto, 2001. p. 117-132.

PORTAL BRASILEIRO DO TURISMO. **Dados do Banco Central apontam 2005 como o melhor ano do turismo internacional no Brasil.** Brasília – DF: Ministério do Turismo, 2005. Apresenta notícias em destaques sobre o turismo brasileiro. Disponível em: < <http://institucional.turismo.gov.br/> > . Acesso em 19 jan. 2006.

ROSS, J. L. S. O registro dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 6, p.17-29, 1992.

RUSCHMANN, D. V. M. **Turismo e planejamento sustentável:** a proteção do meio ambiente. Campinas: Papirus, 1997. 199 p.

ZONNEVELD, I. S. The Land Unit – A fundamental concept in landscape ecology, and its applications. **Landscape Ecology**, v. 3, n. 1, p. 67-86, 1989.

Recebido em junho de 2006

Aceito em janeiro de 2007