

## APLICAÇÃO E INTEGRAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS NO APOIO AO GEOECOTURISMO E EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE CAVALCANTE, CHAPADA DOS VEADEIROS (GO)

PAULO DE TARSO FERRO DE OLIVEIRA FORTES<sup>1</sup>  
LUCIANO COSTA GONÇALVES<sup>1,2</sup>  
FAUSTO DE ALMEIDA LAZARIN<sup>1,2</sup>  
ROGÉRIO DA SILVA NASCIMENTO<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geociências (IG) - Universidade de Brasília (UnB)  
Campus Universitário Darcy Ribeiro - Asa Norte - 70.910-900 - Brasília -DF  
pfortes@unb.br

<sup>2</sup>Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC - CNPq-UnB

<sup>3</sup>Curso de Especialização em Geoprocessamento - IG-UnB

**Abstract.** This paper shows preliminary results of the application and integration of geotechnologies, such as Global Positioning System (GPS), Remote Sensing (RS) and Geographic Information System (GIS), on Geocotourism and Environmental Education activities developed in the proximity of the Cavalcante city, Chapada dos Veadeiros region, Goiás state. GPS absolute point positioning was used on location and plotting waterfalls, roads and tracks, as well as on field checking. RS provided a multitemporal land cover analysis by using Landsat images (1990 and 1999), from which a significant urban growth could be detected. GIS was applied in the environmental modelling in terms of erosion vulnerability, considering physical aspects as topography, hydrography, pedology and land cover. Presentation and discussion of data with the local community confirms the huge potential of geotechnologies as a very useful and powerful tool on stimulating the environmental consciousness and preservation.

**Keywords:** geoprocessing, environmental education, Chapada dos Veadeiros.

## 1. Introdução

A cidade de Cavalcante localiza-se na região da Chapada de Veadeiros, nordeste do Estado de Goiás, a aproximadamente 320 km a norte de Brasília (DF) (**Figura 1**). Situa-se no município homônimo, que ocupa área de 6.979 km<sup>2</sup> e tem população em torno de 10.000 habitantes, dos quais aproximadamente 3.000 residem na área urbana.

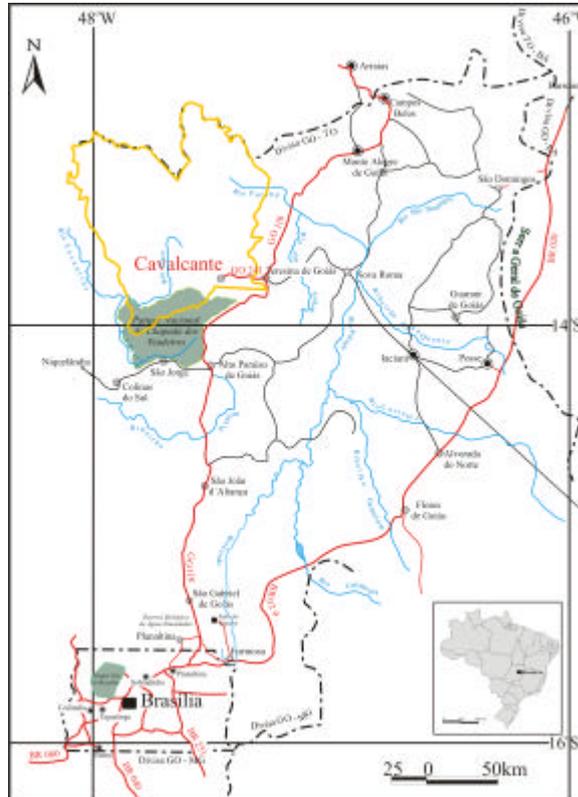


Figura 1 - Mapa de localização do município (em amarelo) e da cidade de Cavalcante (GO)

A intensificação de atividades ecoturísticas no município, ainda que de forma incipiente, ao mesmo tempo em que acena para a possibilidade de desenvolvimento auto-sustentável, exige que as devidas medidas preventivas comecem a ser discutidas para que os impactos ambientais decorrentes sejam mínimos.

Este trabalho apresenta resultados preliminares obtidos pela aplicação e integração de diferentes geotecnologias, como o Sistema de Posicionamento Global, Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas, utilizadas como apoio aos cursos de capacitação em geoturismo de guias e educação ambiental da população urbana local, com o objetivo de contribuir para a preservação ambiental da região.

## 2. Sistema de Posicionamento Global

O sistema de posicionamento global (*Global Positioning System* - GPS), baseado em uma constelação de satélites artificiais em órbita próxima à Terra, representa um enorme avanço na rápida obtenção de coordenadas de pontos situados na superfície terrestre.

Neste trabalho, foi utilizado o método absoluto, que consiste na obtenção das coordenadas de pontos na superfície terrestre, quase em tempo real, utilizando um único rastreador, via processamento do código C/A e sem correção diferencial (Seeber, 1993).

As principais cachoeiras próximas à cidade de Cavalcante (Santa Bárbara, Capivara, Santana e Prata), e respectivas estradas e trilhas de acesso, foram cadastradas com o auxílio de rastreador de satélites, operando no sistema GPS-Navstar.

Os dados coletados no campo foram transferidos para o computador e plotados em partes de mapas topográficos em escala de 1:100.000, previamente *scannerizados* e registrados, permitindo seu gerenciamento em ambiente totalmente computacional (**Figura 2**).

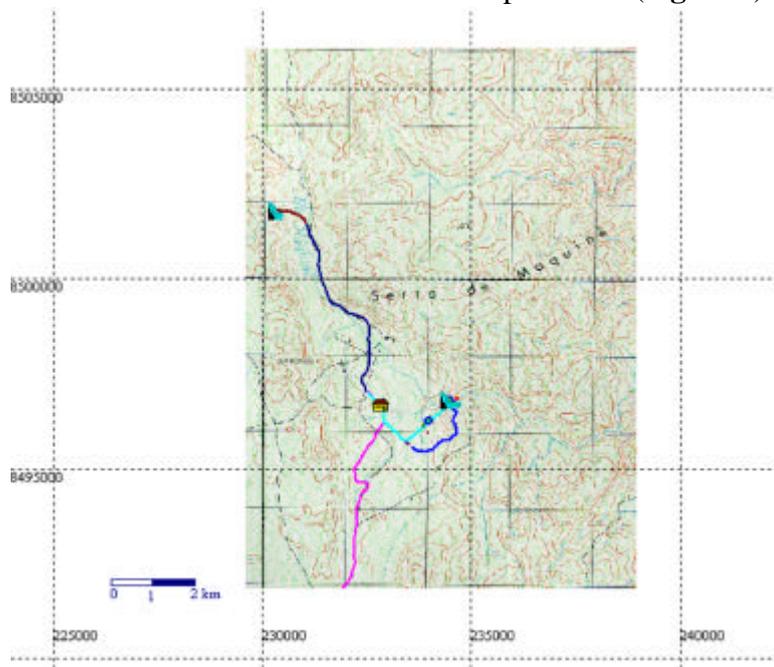


Figura 2 - Mapa de localização das cachoeiras Santa Bárbara (mais a norte) e Capivara (mais a sul), e respectivas trilhas (em azul) e estrada de acesso (em rosa), e da sede da comunidade Calunga do Engenho, Cavalcante (GO)

O sistema de posicionamento global foi utilizado também para a validação da classificação de imagens de satélite e para a determinação dos limites da área urbana identificados no ano de 2002, durante as checagens de campo executadas.

### 3. Sensoriamento Remoto

O processamento digital de imagens obtidas por sensores remotos envolve diversas etapas básicas, como realce, que auxilia a visualização de alvos específicos; correção geométrica, que as torna georreferenciadas; e classificação, que permite estudos de uso e ocupação da terra, sendo necessárias checagens de campo em áreas amostrais para a verificação da correlação da classificação com a realidade no terreno (Novo, 1987; Crósta, 1992).

Foram utilizadas as bandas 3, 4 e 5 de quatro imagens Landsat, com resolução espacial de 30 m, referentes às cenas contíguas 221-069 e 221-070, obtidas em 1990 (TM-5) e em 1999 (TM-7).

A correção geométrica foi feita a partir da identificação de 30 pontos de controle na imagem, cujas coordenadas plano-retangulares UTM foram obtidas com base em mapas topográficos analógicos em escala 1:100.000, sendo que o registro das imagens resultou em erro médio quadrático (RMS) final inferior a 1 *pixel*.

A classificação, a partir de composições coloridas (RGB: 453), foi feita de forma não-supervisionada (iso-data), para toda o município, e de forma supervisionada (com checagem de campo), para a região próxima à cidade de Cavalcante. Em ambos os casos, as imagens classificadas foram filtradas (convolução mediana), para a homogeneização do resultado e otimização da quantidade de polígonos referentes às diferentes classes.

Por fim, cada classe obtida foi exportada, em formato vetorial, e editada em ambiente de sistema de informação geográfica.

Uma vez que o município ocupa área muito grande e relativamente pouco alterada por ações antrópicas, decidiu-se analisar com maior detalhe a região situada nas proximidades da cidade de Cavalcante, sede do município, considerando que seja esta a área que possa estar sofrendo modificações significativas em prazo relativamente curto.

Os mapas de uso e ocupação da terra (Figuras 3 e 4) foram então obtidos por meio de classificação supervisionada, pela determinação de áreas amostrais com checagem de campo, onde as classes propostas são diferenciadas pelo adensamento vegetal e não pela distinção de espécies vegetais.

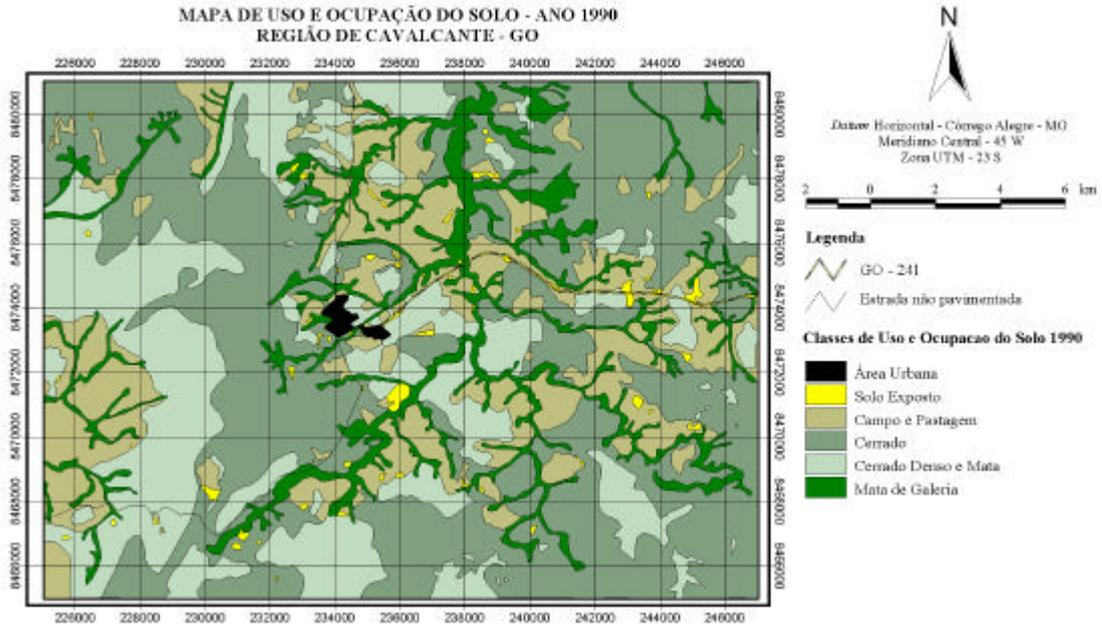


Figura 3 - Mapa de uso e ocupação da terra para a região próxima à cidade Cavalcante (GO), obtido a partir de classificação supervisionada de imagens Landsat TM-5 de 1990

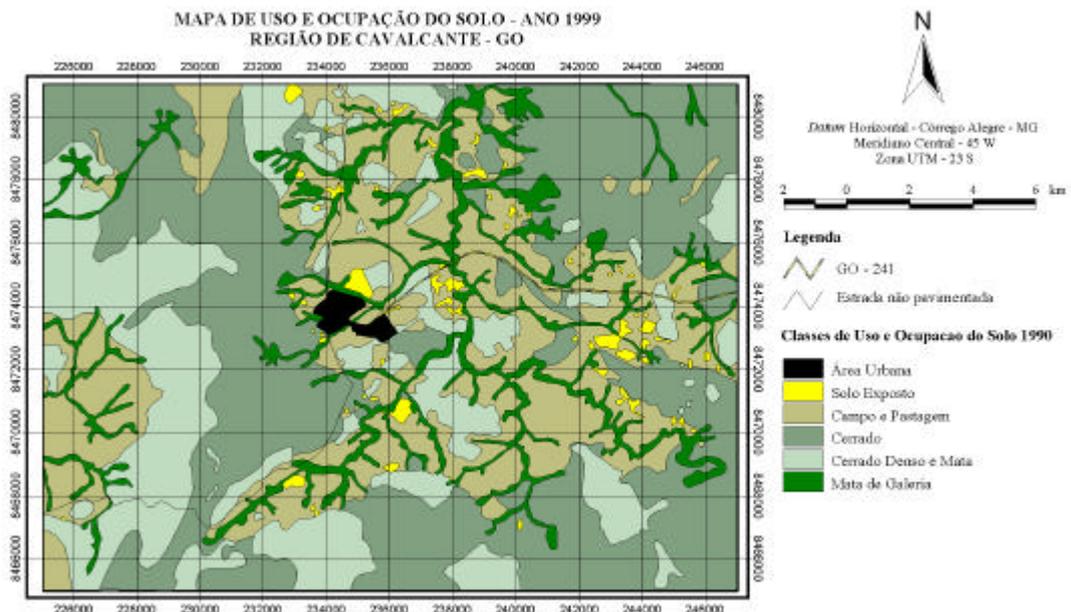


Figura 4 - Mapa de uso e ocupação da terra para a região próxima à cidade Cavalcante (GO), obtido a partir de classificação supervisionada de imagens Landsat TM-7 de 1999

#### 4. Sistema de Informações Geográficas

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) possibilitam o processamento de dados de diversas fontes, originalmente ou não, em formato digital, e apresentam as mais diversas aplicações (Assad & Sano, 1998; Silva, 1999).

Estudos que visam o planejamento e gestão ambiental, geralmente concretizados por zoneamentos geoambientais ou ecológico-econômicos, são desenvolvidos a partir de aspectos temáticos, como topografia, hidrografia, geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso e ocupação da terra.

Assim, a caracterização do potencial geoambiental de uma região, relacionada aos aspectos do meio físico e ao uso e ocupação da terra, é embasada na análise espacial de diversas informações setorializadas e processadas em SIG, que suportam decisões e auxiliam na solução de problemas diversos.

A edição final em ambiente de SIG das classes obtidas por classificação supervisionada para a região próxima à sede do município de Cavalcante (GO) nos anos de 1990 e 1999, possibilitou a análise multi-temporal do uso e ocupação da terra neste período e o cálculo estatístico para cada classe nas duas datas de análise (**Tabela 1** e **Figura 5**).

Classes	Área (km <sup>2</sup> ) 1990	Área (km <sup>2</sup> ) 1999	Variação (%)
Área Urbana	1,299	2,060	+ 58,7
Solo Exposto	3,633	6,251	+ 58,1
Campo e Pastagem	66,234	93,183	+ 71,1
Cerrado	158,599	139,506	- 13,7
Cerrado Denso e Mata	85,603	80,727	- 6,0
Mata de Galeria	39,269	35,840	- 9,6

Tabela 1 - Diferentes classes de uso e ocupação da terra, e respectivas distribuições areais e taxas de variação, para a região próxima à cidade Cavalcante (GO), nos anos de 1990 e 1999

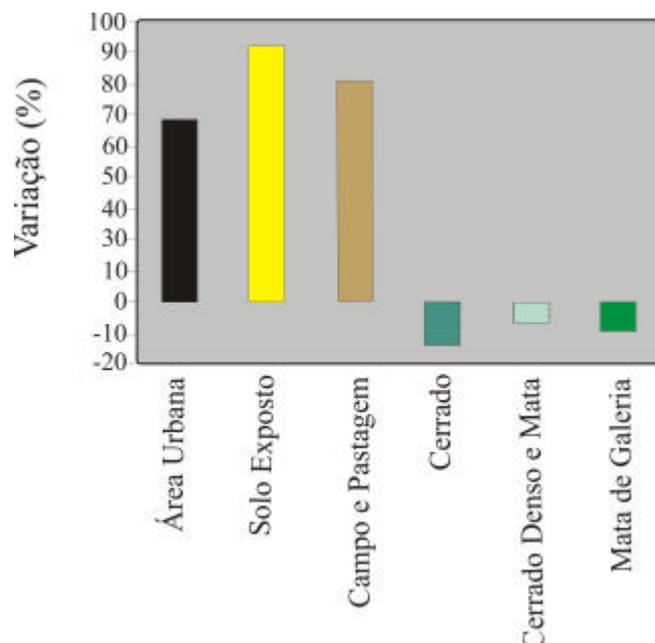


Figura 5 - Gráfico de comparação de taxas de variação areal para as classes de uso e ocupação da terra na região próxima à cidade Cavalcante (GO), entre os anos de 1990 e 1999

A definição dos limites da área urbana no ano de 2002, por meio de dados coletados por rastreadores de satélites (GPS), permitiu a detecção, em ambiente de SIG, da expansão da área urbana em aproximadamente 9%, quando comparada ao ano de 1999 (**Figura 6**).

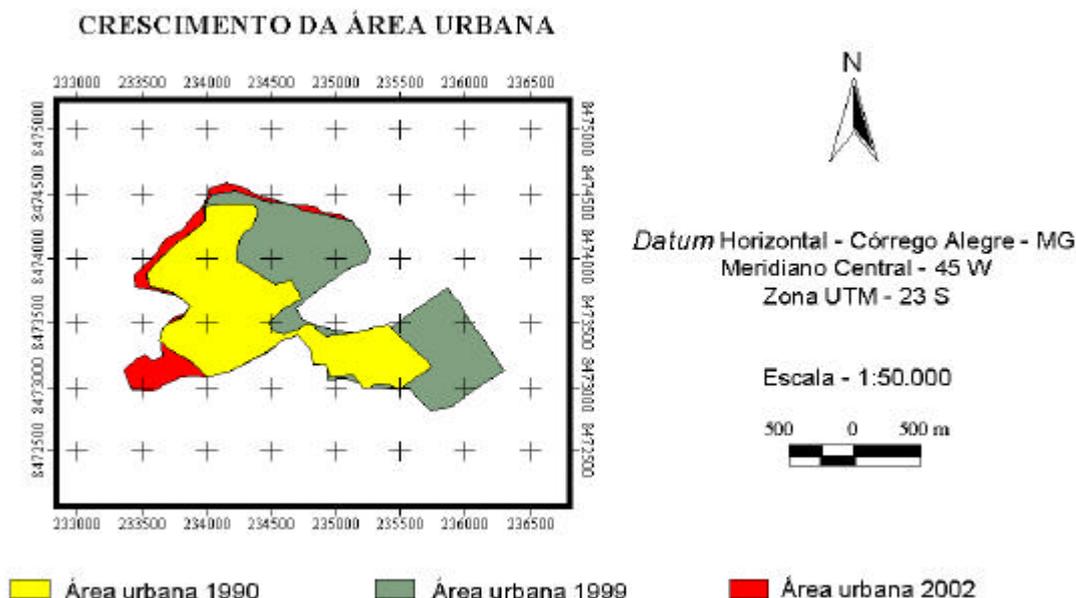


Figura 6 - Limites e expansão da área urbana da cidade de Cavalcante (GO), obtidos por meio de sensoriamento remoto (1990 e 1999) e sistema de posicionamento global (2002)

- Para a análise ambiental da região, foram utilizadas as seguintes informações:
- topografia e hidrografia: obtidas a partir de mapas topográficos plani-altimétricos, em escala de 1:100.000, *scannerizados*, vetorizados e editados, que resultaram na confecção de modelo numérico de terreno e mapa de declividade;
  - solos: obtido pela interpretação das imagens de satélite, análise de mapas pedológico em escala original de 1:500.000 (IBGE, 1995) e geológico, em formato digital e escala original de 1:100.000 (AGIM, 2001), além de checagens de campo;
  - uso e ocupação da terra: gerado pelo processamento digital de imagens de satélite.

A integração destas informações, por meio de lógica *booleana* e operações aritméticas (multiplicação) efetuadas a partir da atribuição de pesos a classes das diferentes fontes de informações (**Tabela 2**), possibilitou a confecção de mapa de vulnerabilidade à erosão para a região próxima à cidade Cavalcante (**Figura 7**).

Declividade (°)	Peso	Solo	Peso	Uso e ocupação da terra	Peso
0 - 5	1	Litossolo	1	Área Urbana	0
6 - 10	2			Solo Exposto	5
11 - 25	3			Campo e Pastagem	3
26 - 45	5	Cambissolo	2	Cerrado	2
> 45	7			Cerrado Denso e Mata	1
				Mata de Galeria	1

Tabela 2 - Diferentes classes de declividade, solo e uso e ocupação da terra, com os respectivos pesos, utilizados na geração do mapa de vulnerabilidade à erosão para a região próxima à cidade Cavalcante (GO)

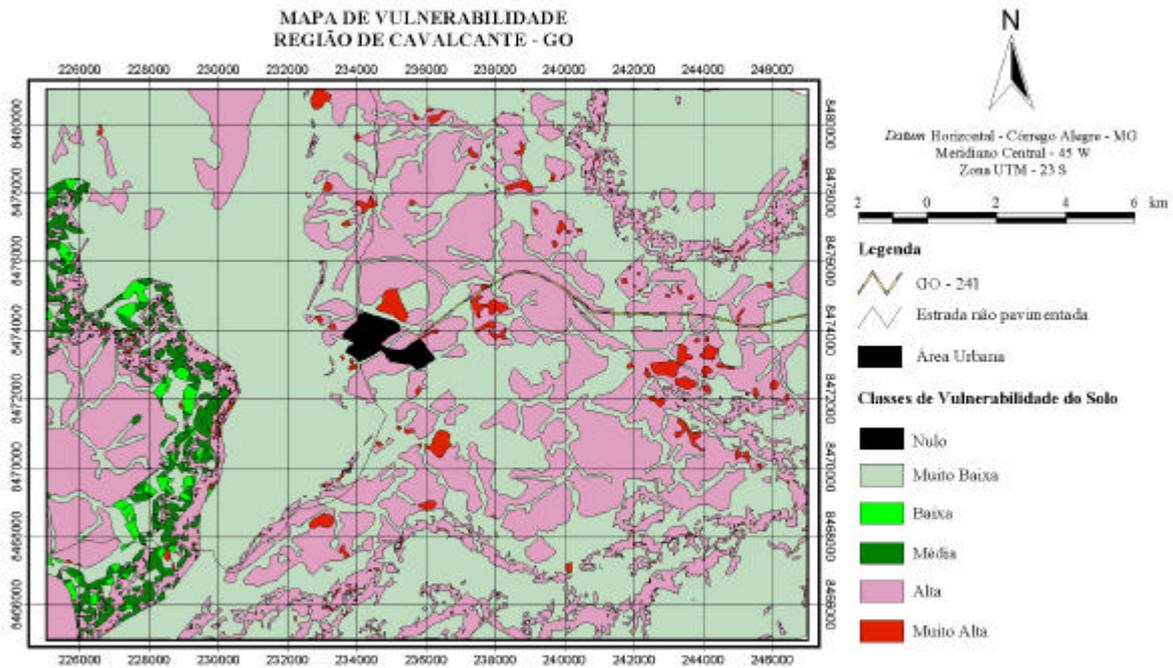


Figura 7 - Mapa de vulnerabilidade à erosão para a região próxima à cidade Cavalcante (GO)

A análise do mapa vulnerabilidade mostra que:

- a classe nula corresponde à área urbana, para a qual admite-se que o potencial natural de erosão do solo seja nulo;
- a classe muito baixa é associada ao litossolo (geralmente rocha aflorante), em regiões onde a declividade é menor que  $5^\circ$  e a vegetação natural predomina como cobertura da terra;
- as classes baixa e média estão associadas às regiões com declividade variando entre  $6^\circ$  e  $20^\circ$ , nas quais predomina a vegetação natural;
- a classe alta é caracterizada por áreas que apresentam campo e pastagem como uso e ocupação do solo, além de regiões com vegetação natural que apresentam declividade variando de  $21^\circ$  a  $45^\circ$ ;
- a classe muito alta caracteriza-se, principalmente, pelo solo exposto, além de apresentar declividade maior que  $45^\circ$ , independente do uso e ocupação do solo.

#### 4. Discussão e Conclusões

O método de posicionamento absoluto, com precisão em torno de 10 m informada pelo rastreador, mostrou-se totalmente satisfatório na localização de cachoeiras, estradas e trilhas nos mapas em escala de 1:100.000, bem como nas checagens de campo.

As atividades de apoio ao Geocoturismo, aqui entendido como a inserção do conteúdo geológico nos cursos de capacitação de guias turísticos que atuam na região, também contaram com o auxílio do sistema de posicionamento global. As coordenadas plano-retangulares UTM das cachoeiras visitadas, obtidas no campo, possibilitaram sua posterior localização nas cópias de mapas topográficos em formato analógico distribuídas aos participantes do curso.

A utilização do sistema de posicionamento global mostrou-se uma importante ferramenta no estímulo aos participantes do curso de capacitação de guias, facilitando, especialmente, a inserção do conteúdo de cartografia.

A análise multitemporal, a partir da classificação de imagens de satélite, possibilita a caracterização das modificações no tipo de uso e ocupação do solo que a região próxima a cidade de Cavalcante sofreu durante o período de 1990 a 1999.

As áreas destinadas à atividade agropecuária, representadas pela classe de campo e pastagem, mostram um crescimento de 71%, enquanto áreas de vegetação natural são marcadas com uma diminuição de 13% de cerrado, 6% de cerrado denso e mata e 9% de mata de galeria. Esta comparação mostra que parte das áreas de vegetação natural, principalmente o cerrado, estão sendo transformadas em áreas agropecuárias.

A classe solo exposto é marcada por um forte crescimento (58%), resultante do crescimento das áreas agropecuárias, pois o solo exposto geralmente está associado à classe campo e pastagem.

O crescimento da área urbana, de 1990 a 1999, em torno de 58%, resultou da ocupação de uma área de cerrado denso e mata localizada a nordeste da cidade e outra área, também de cerrado denso e mata, localizada a leste, na entrada da cidade pela GO-241.

No ano de 2002 a área urbana, delimitada por checagem de campo com auxílio de rastreadores de satélites, corresponde a aproximadamente 2,259 km<sup>2</sup>, mostrando uma expansão de 9% desde 1999, que resultou, principalmente, da ocupação de uma área de cerrado a sudoeste da cidade, destinada para depósito de materiais de construção da linha energética que passará próxima à cidade, proveniente da Represa de Serra da Mesa.

A visualização das imagens de satélite e das modificações no padrão do uso e ocupação da terra constituem importante ferramenta no curso de educação ambiental, permitindo não só o reconhecimento de diversas características familiares aos moradores (serras, matas, rios e estradas) servindo, principalmente, como fonte de reflexão para os participantes.

A geração do mapa de vulnerabilidade à erosão, ainda que com um componente de subjetividade elevado decorrente da escolha das informações e pesos de classes utilizados, demonstra que o SIG é ferramenta extremamente poderosa quanto à conscientização ambiental, uma vez que permite a indicação tanto de áreas que devem ser prioritariamente preservadas e monitoradas, como também de áreas que podem ser destinadas ao uso antrópico com menores possibilidades de impactos ambientais.

## Referências

AGIM (Agência Goiana de Desenvolvimento Industrial e Mineral). *SIG Goiás: Mapa Geológico e de Recursos Minerais*. Goiânia: Diretoria de Recursos Minerais, 2001. CD-ROM

Assad, E.D. & Sano, E.E. *Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura*. Brasília: Embrapa, 1998. 434 p.

Crósta, A.P. *Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto*. Campinas: Ed. da UNICAMP, 1992. 170 p.

IBGE. Zoneamento Geoambiental e Agroecológico do Estado de Goiás-Região Nordeste. *Série Estudos e Pesquisas em Geociências*, n. 3, 178 p, 1995

Novo, E.M.L.M. *Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações*. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 1989. 308 p.

Silva, A.B. *Sistemas de Informações Geo-referenciadas: Conceitos e Fundamentos*. Campinas: Ed. da Unicamp, 1999. 236 p.