

RELAÇÃO ENTRE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E OS ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS NO MUNICÍPIO DE ÁGUAS LINDAS DE GOIÁS

Antonio Felipe Couto Júnior¹, Osmar Abílio de Carvalho Júnior¹, Éder de Souza Martins², Vinicius Vasconcelos de Souza¹, Marcus Fábio Farias¹, José Imaña Encinas³

¹ Universidade de Brasília – Departamento de Geografia
Caixa Postal 04357 - 70919-970 - Brasília - DF, Brasil
antoniofelipejr@gmail.com; osmarjr@unb.br; marcusfabio79@gmail.com

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, CPAC
73301970 Planaltina – DF, Brasil
eder@cpac.embrapa.br

³ Universidade de Brasília – Departamento de Engenharia Florestal
Caixa Postal 04357 - 70919-970 - Brasília - DF, Brasil
imana@unb.br

Recebido 20 de maio de 2007, revisado 12 de junho, aceito 10 de julho

Resumo – Este trabalho teve o objetivo de avaliar o uso e cobertura do solo e sua relação com os aspectos geomorfológicos no município de Águas Lindas de Goiás, utilizando imagens CBERS e aplicando o método de árvore de decisão. Além disso, mostrar como vem sendo a ocupação urbana através de parâmetros morfométricos usando SRTM. Em 2006, aproximadamente 40% de sua área havia sido convertida em áreas agrícolas, pastagem e áreas urbanas. A estimativa da taxa de conversão das áreas naturais em usos antrópicos foi 0,8% ano no período estudado. Observou-se que a ocupação urbana ocorre principalmente na unidade geomorfológica da Chapada, cobrindo mais de 50% de sua superfície. Pode-se inferir que a expansão da área urbana está ocorrendo para o lado leste, onde ocorre uma continuidade do relevo com uma feição mais aplainada e com declividades mais amenas.

Palavras Chave – Uso e cobertura do solo, CBERS, árvore decisão, SRTM, parâmetros morfométricos.

Abstract – This work aimed to evaluate the land use and land cover related to geomorphology of Águas Lindas de Goiás by using CBERS images and decision tree method. In addition to show how the city is growing according to morphometric parameters by using SRTM. By the year 2006, approximately 40% of the municipality area was converted into agriculture and pasture area, and urban area. The conversion index of the natural area in antropic use was 0.8% per year in the period of study. It was observed that the urban area occurs primarily in the Plateau unity covering more than 50% of the unity surface. It is said that the expansion of the urban area occurs to east, due to continuity of the relief with plainer feature small slope.

Keywords – Land use and land cover, CBERS, decision tree, SRTM, morphometrics parameters.

INTRODUÇÃO

Os países da América Latina apresentaram intenso processo de urbanização, especialmente na segunda metade do século XX (Maricato 2000, Cunha 2003). Brito (2006) ressalta que durante este período ocorreu um acelerado processo de urbanização no Brasil que se articula com um conjunto de mudanças ocorridas na economia, na sociedade e na política brasileira, no século passado.

A Região Centro-Oeste, que tem seu processo recente de ocupação ligado à expansão da fronteira agrícola, registra uma população urbana elevada. Esta população permanece elevada mesmo quando se desconsidera o Distrito Federal, com alto grau de urbanização devido sua função de capital administrativa do país (Cunha 2003).

Com o crescimento populacional das áreas do entorno do Distrito Federal, Brasília sofre a pressão de seus equipamentos urbanos, principalmente educação

e saúde, pelas demandas criadas nos municípios de seu entorno (Queiroz, 2006). Este fato demonstra o não suprimento desses serviços nas localidades de origem. Desta forma, observa-se uma migração intrametropolitana (cenário de migração pendular) entre a cidade de Brasília e seu entorno (cidades dormitório).

No entorno do Distrito Federal o município de Águas Lindas de Goiás destaca-se por ter um crescimento populacional aproximadamente de 60% entre o censo de 2000 e a estimativa de julho de 2006 (IBGE: www.ibge.gov.br/cidadesat). O município possui uma área de aproximadamente 191 km² com uma população de 105.746 habitantes conforme o censo de 2000. Isto representa uma densidade populacional de mais de 550 habitantes por km². De acordo com novas estimativas do IBGE para o ano de 2007 a densidade populacional já aumentou mais de 14%.

A grande população do município apresenta problemas de falta de infraestrutura urbana, especialmente, saúde e educação (Queiroz 2006). De acordo com o IBGE existe um total de 17 estabelecimentos de saúde, sendo que 12 são públicos. Não existem estabelecimentos de saúde com internação, o que pode levar a busca por atendimento no Distrito Federal, devido à proximidade. Na educação, observam-se no ensino fundamental 38 alunos por professor, enquanto no ensino médio essa relação cai para quase 25 para o ano de 2006. (IBGE, 2007)

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o uso e cobertura do solo do município de Águas Lindas de Goiás utilizando os sensores Landsat e CBERS e mostrar como vem sendo a sua ocupação urbana em relação aos aspectos geomorfológicos obtidos de parâmetros morfométricos de dados SRTM.

ÁREA DE ESTUDO

O município de Águas Lindas de Goiás está situado na mesorregião do leste goiano e microrregião do entorno de Brasília (**Figura 1**).

A área é constituída em grande parte por rochas metassedimentares dobradas, de baixo grau metamórfico, fácies xisto-verde, pertencentes à Faixa Brasília e aos grupos Araxá e Paranoá. Sobrepostas a um embasamento granito-gnáissico de idade paleo-mesoproterozóica representado pelo Complexo Granulítico Anápolis-Itaçu, Associação Ortognáissica Migmatítica e pela Seqüência Metavulcanossedimentar Rio do Peixe (Martins *et al.*, 2004). As zonas de cisalhamento formam cristas relativamente elevadas, com direções preferenciais N-S e NW-SE. As drenagens também evidenciam um controle geológico-estrutural.

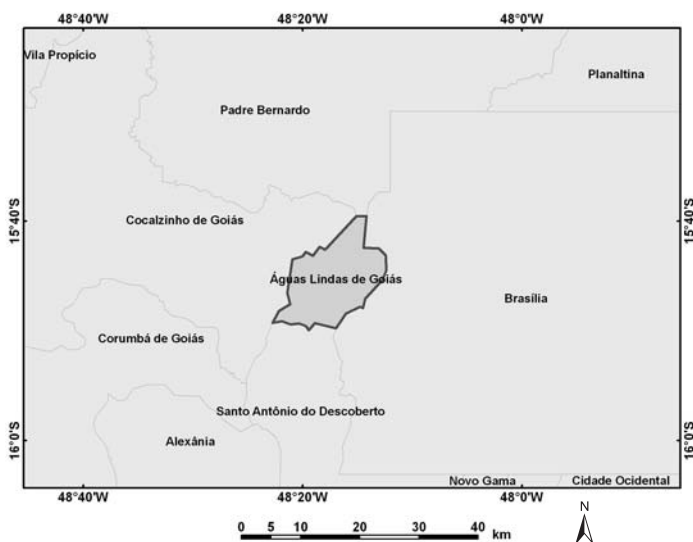


Figura 1 - Localização do município de Águas Lindas de Goiás.

Os solos do município de Águas Lindas de Goiás estão representados principalmente por Latossolos nas porções de chapada e de depressão intraplanáltica, Cambissolos nas áreas dissecadas com elevada densidade de ravinamento e Gleissolos nos vales (Reatto *et al.*, 2003). O Latossolo Vermelho Amarelo predomina nos topos aplainados onde se concentra a área urbana, e nos colúvios da bacia do Descoberto.

O município está inserido no clima Aw, de acordo com a classificação Köppen. A pluviosidade anual é de 1440 mm e a temperatura média anual 22°. Apresenta duas estações bem definidas, verão úmido e chuvoso (outubro a março), e inverno seco (abril a setembro). A vegetação original típica da área é classificada como Cerrado sentido restrito.

MATERIAIS E MÉTODOS

CLASSIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO

Para a avaliação da cobertura do solo foram utilizadas imagens do sensor CBERS (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres, ou China-Brazil Earth Resources Satellite). Este satélite é o produto da primeira cooperação neste campo entre dois países, Brasil e China. O início da elaboração desse satélite foi em 6 de julho de 1988, com a integração dos institutos de pesquisa pertencentes aos dois países: Chinese Academy of Space and Technology (CAST) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

O CBERS-2 é constituído pelos seguintes equipamentos: (a) Câmera Imageadora de Alta Resolução (CCD), (b) Radiômetro Imageador de Varredura no Infravermelho (IRMSS), (c) Câmera Imageadora de Amplo Campo de

Visada (WFI), (d) Monitor do Ambiente Espacial (SEM), e (e) Sistema de Coleta de Dados (DCS). Adicionalmente, aos sensores imageadores o CBERS-2 possui ainda em sua carga útil: o SEM (Monitor de Ambiente Espacial) e o DCS (Subsistema de Coleta de Dados). A órbita do CBERS é heliosíncrona, altitude de 778 km, perfazendo cerca de 14 revoluções por dia cruzando o equador às 10:30 da manhã (Epiphonio, 2005).

As imagens utilizadas na presente pesquisa são provenientes da câmera CCD, que possui cinco bandas espectrais, que opera no azul, verde, vermelho, infravermelho próximo, e pancromático. Seu campo de visada instantâneo (IFOV) é 25 irad, o que equivale a um campo instantâneo de visada no terreno (GIFOV) de 19,5 metros, quando o satélite está a 778 km de altitude; o tempo de integração para todas as bandas é de 2,898 ms (Epiphonio, 2005).

As imagens empregadas (órbita 158, pontos 117 e 118) são referentes à data de 08 de agosto de 2006 e foram obtidas gratuitamente pela internet na página do INPE (<http://www.obt.inpe.br/catalogo>).

Para comparação foi utilizada imagem Landsat5-TM (órbita 221, ponto 71), referente ao dia 15 de maio de 1989. A resolução espacial foi reamostrada para 20 metros, a mesma do sensor CBERS.

O método adotado para a classificação das imagens foi à *Árvore de Decisão*. O método de *árvore de decisão* permite classificar as imagens de sensoriamento remoto considerando uma regra hierárquica e binária de partição dos valores digitais de suas bandas. Uma *árvore* é composta pelas seguintes unidades: (a) um nó raiz formado a partir de todos os dados, (b) um conjunto hierárquico de

nós internos denominados partições (“Split”) responsáveis pela tomada de decisão, utilizando teste lógico, que define o próximo nó descendente ou filho, e (c) nós terminais chamados de folhas (“leaves”) caracterizados por não possuírem nó descendente (Breiman, 1984, Latorre et al., 2007). A árvore de decisão binária divide cada nó intermediário em dois nós descendentes: o nó esquerdo (quando os dados satisfazem o teste lógico) e o nó direito (quando não satisfazem) (Breiman, 1984, Latorre et al., 2007). No presente trabalho a divisão em cada nó interno de cada árvore é definida pelo usuário considerando o conhecimento da área de estudo.

Para a área de estudo as seguintes classes de uso e cobertura da terra foram definidas: (a) água, (b) área agrícola (pastagem + agricultura), (c) área antropizada (áreas urbanizadas + solo exposto), (d) cerrado (savânica + campestre), (e) matas (matas de galeria + matas de encosta + carradão).

ANÁLISE DO RELEVO

A missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) adquiriu dados altimétricos por interferometria de radar entre as latitudes de 60° Norte e 56° Sul em um único sobrevôo da superfície terrestre que durou 11 dias. Este procedimento que garantiu a obtenção dados homogêneos de modelos digitais de terreno (MDT) com alta qualidade, duas resoluções espaciais (1 arc sec - 30 metros e de 3 arc sec - 90 metros), acuidade vertical relativa na ordem de 5 metros, datum horizontal WGS84 e datum vertical WGS84/EGM96 (Rose et al. 2001a ,b; van Zyl, 2001, Rabus et al., 2003; Smith & Sandwell, 2003).

No entanto, os dados SRTM eventualmente ainda apresentam falhas como: (a) a falta de dados em algumas áreas (buracos); (b) presença de picos (valores extremamente altos) e vórtices (valores extremamente baixos), e (c) má definição dos corpos d'água e das linhas de costas (Kaab, 2005; Lu et al., 2004; Rabus et al., 2003, Valeriano, 2004, Pinto, 2005).

Os quadrantes dos dados SRTM utilizados foram S016W049, S016W050, S017W49, S017W050. A partir do SRTM foram gerados atributos de terreno, como declividade, área de contribuição e sombreamento, para auxiliar na compartimentação do relevo. As unidades geomorfológicas foram identificadas a partir da análise visual da composição colorida destes três atributos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

USO E COBERTURA DO SOLO

As árvores de decisão geradas para a obtenção da classificação do uso e cobertura do solo da área das imagens LANDSAT referente ao ano de 1989 e CBERS, ano de 2006, respectivamente, nas **Figuras 2 e 3**.

Nas árvores de decisão os quadrantes em cinza representam os nós e os coloridos, as cores atribuídas às classes. O primeiro nó foi para separar apenas a área do município. Observa-se nas **Figuras 2 e 3** que os valores utilizados para separar a classe “Matas” apresentaram o mesmo valor de NDVI.

Observa-se nas **Figuras 4A e 4B**, referente ao ano de 1989, que as edificações encontram-se ao longo da BR-070, da DF-430 e GO-547. No ano de 2006 (**Figuras 4C e 4D**) pode ser visto que a área urbana expandiu principalmente às margens destas rodovias.

As formações florestais (classe Matas) estão associadas aos cursos d'água, sendo que as formações savânicas e campestre (classe Cerrado) encontram-se nos extremos dos limites municipais e por vezes próximas das formações florestais (Figura 3). As áreas agrícolas estão distribuídas ao redor das zonas urbanas, abrangendo a maior parte do município, muitas vezes até o limite com as formações florestais. O percentual das áreas ocupadas pelas classes, em 1989 e 2006, podem ser visualizadas na **Figura 5**.

As Matas ocupavam 14,1%, em 1989, apresentando uma redução de sua cobertura para 9,9% em 2006 (Figura 4). Pode-se observar, ainda na Figura 4, que em 2006 as áreas ocupadas por fisionomias naturais de cerrado (classes Cerrado + Matas) representam 49% da superfície do município de Águas Lindas. O município apresenta 40% de sua área já convertida em áreas agrícolas, pastagens e áreas urbanizadas. Estes percentuais são compatíveis com outras estimativas realizadas para o Cerrado. Mantovani e Pereira (1998) realizaram um estudo para avaliar a integridade da cobertura vegetal, levando em consideração o grau de antropização e concluíram que áreas de “cerrado antropizado” e “cerrado fortemente antropizado” totalizavam 65% do Bioma em 1993. Outro estudo realizado por Machado *et al.* (2004) concluiu que cerca de 55% do Cerrado foi desmatado ou transformado pela ação antrópica.

Ainda é possível observar a partir da Figura 4 que a conversão da cobertura natural foi de 0,8% ao ano, e a expansão das áreas antropizadas cresceu nesta mesma proporção anual.

Parâmetros morfométricos

Como parâmetros morfométricos foram utilizados, área de contribuição, declividade e sombreamento para a delimitação das unidades geomorfológicas predominantes da área do município. Foi realizada uma composição colorida (RGB) destes três parâmetros, respectivamente (**Figura 6A**).

Esta composição permitiu delimitar cinco dessas unidades evidenciando a Chapada na região central, Depressão Intraplanáltica a Oeste, Região Dissecada a Leste e Escarpas (**Figura 6B**)

Tendo como referência a unidade central da Chapada, verifica-se uma diferenciação do Relevo. A leste da chapada observar-se uma menor variação de altitude e de declividade configurando um relevo suave ondulado compostos por planaltos apesar de também apresentarem baixadas devido ao entalhamento das vertentes onde passam os rios que compõe Bacia do Descoberto. A Oeste evidencia-se duas áreas com maior intensidade de dissecção. A interação entre essas duas áreas congregam feições do relevo como os vales encaixados e as depressões. Ademais, verifica-se um maior fluxo de sedimentos das áreas dissecadas de média intensidade para de alta intensidade, além de evidenciar as escarpas das bordas da chapada, acentuação da declividade e o controle geológico.

Dentro desse contexto, foi sobreposta às unidades de paisagem a área urbana central de Águas Lindas (agosto de 2006) classificada na imagem CBERS. A partir desta sobreposição foi possível observar que a área de expansão urbana do município está ocorrendo na unidade de Chapada (**Figura 6B**).

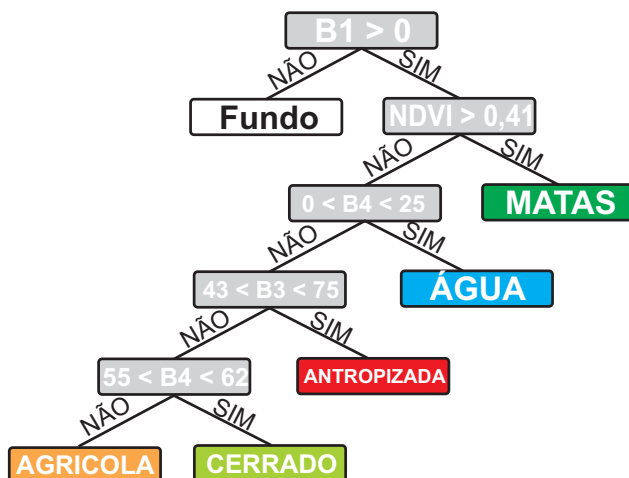


Figura 2 - Árvore de decisão gerada para a classificação do uso e cobertura para imagem LANDSAT de 1989.

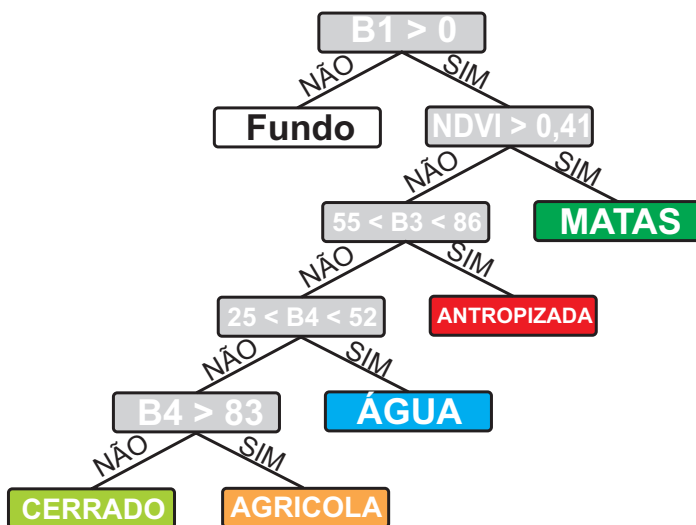


Figura 3 - Árvore de decisão gerada para a classificação do uso e cobertura para imagem CBERS de 2006.

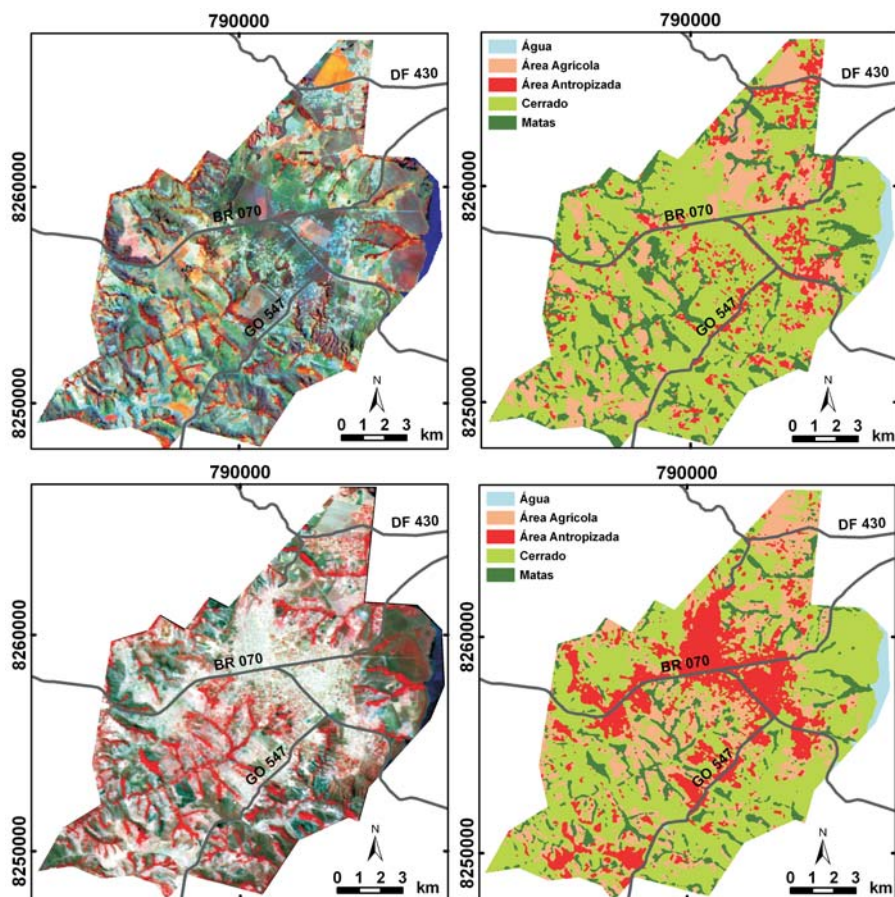


Figura 4 – Imagens dos sensores (A) LANDSAT e (C) CBERS; as classificações geradas (B) LANDSAT e (D) CBERS.

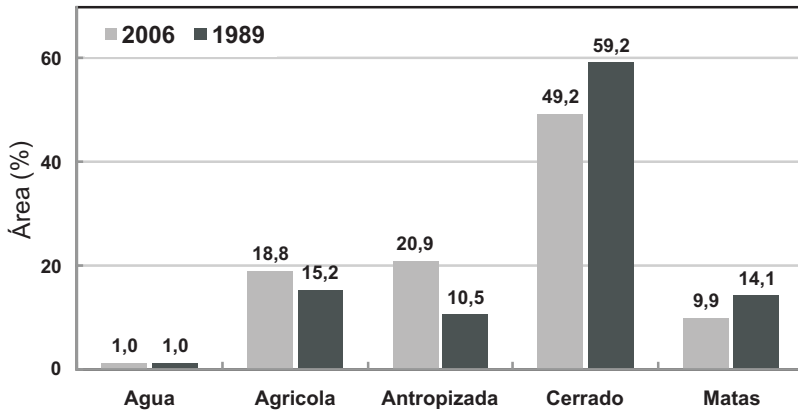


Figura 5 - Áreas ocupadas pelas classes para os anos de 1989 e 2006.

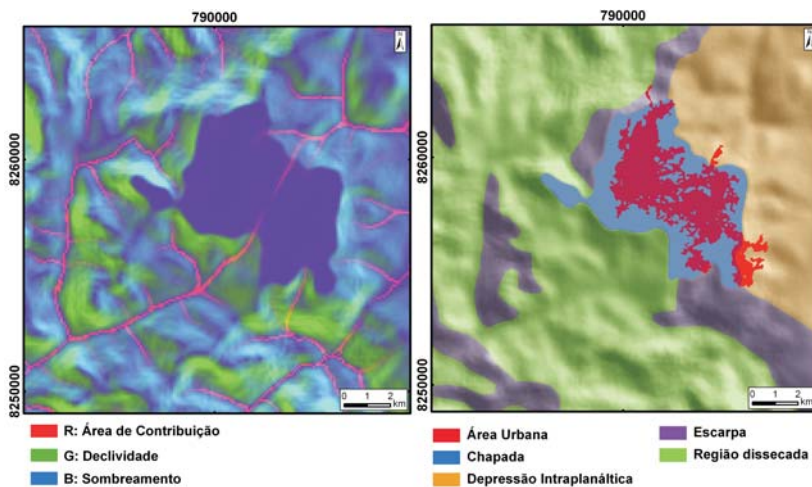


Figura 6 - Parâmetros morfométricos utilizados para a compartimentação do relevo (esquerda); unidades geomorfológicas sobrepostas pela área urbana do município (direita).

A área da Chapada possui uma superfície de aproximadamente 36 km², e a área urbana abrange um pouco mais que 19 km², o que corresponde a 53% do total da área Chapada.

Este tipo de ocupação pode levar futuros problemas relacionados ao abastecimento de água, saneamento básico para a população do município, além de alterações na infiltração uma vez que pode estar ocorrendo uma impermeabilização do solo. Desta forma, como pode ser verificado por meio da área de contribuição (Figura 5A) que o complexo urbano encontra-se no topo de uma zona de recarga.

Pode-se inferir que a expansão da área urbana está ocorrendo para o lado leste, onde ocorre uma continuidade do relevo. Esta porção caracteriza-se por uma feição mais aplainada e com declividades mais amenas. É importante salientar que apesar de não haver uma ocupação intensa nas bordas da Chapada devem-se tomar precauções quanto a expansão urbana desordenada.

CONCLUSÕES

De acordo com a classificação da imagem CBERS, em agosto de 2006, cerca de 40% da área do município já havia sido convertida em áreas agrícolas, pastagens e áreas urbanizadas. A classificação por árvore de decisão apresentou-se satisfatória para a delimitação do uso e cobertura do solo. Os percentuais obtidos pela classificação são compatíveis com as estimativas encontradas em outros estudos do bioma Cerrado.

Os parâmetros morfométricos permitiram evidenciar que a ocupação urbana está ocorrendo na unidade de Chapada, cobrindo 53% do total de sua superfície.

Esta ocupação mostra-se desordenada e pode levar ao surgimento de problemas ambientais relacionados à impermeabilização do solo. Devem ser analisadas formas de saneamento básico para que permitam o reabastecimento das águas subterrâneas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio recebido durante a realização deste trabalho das seguintes instituições: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos (FINATEC) pelo apoio logístico e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento de bolsas de pesquisa ao professor Osmar Abílio de Carvalho Júnior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BREIMAN L, FRIEDMAN JH, OLSHEN RA & STONE CJ. (1984) Classification and regression trees. Belmont, CA: Wadsworth International, 358 p.
- BRITO, FAUSTO. (2006) O deslocamento da população brasileira para as metrópoles. *Estudos. Avançados*. São Paulo, v. 20, n. 57, p. 221-236.
- CUNHA, J. M. P. (2001) Urbanización y redistribución espacial de la población en América Latina: notas sobre tendencias y condicionantes. Santiago de Chile: Cepal/Celade.
- EPIPHANIO, J.C.N. (2005). CBERS – SATÉLITE SINO-BRASILEIRO DE RECURSOS TERRESTRES. *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia, p. 915-922.
- KAAB, A. (2005). Combination of SRTM3 and repeat ASTER data for deriving alpine glacier flow velocities in the Bhutan Himalaya. *Remote Sensing of Environment*, 94(4): 463–474.

- LATORRE, M.L.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; SANTOS, J.R. & SHIMABUKURO, Y.E. (2007). Integração de dados de sensoriamento remoto multiresoluções para a representação da cobertura da terra utilizando campos contínuos de vegetação e classificação por árvores de decisão. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 25, p. 63-74.
- LU, Z.; RYKHUS, R.; MASTERLARK, T. & DEAN, K.G. (2004) Mapping recent lava flows at Westdahl Volcano, Alaska, using radar and optical satellite imagery. *Remote Sensing of Environment*, 91: 345–353.
- MACHADO, R.B.; RAMOS NETO, M.B.; PEREIRA, P.G.P.; CALDAS, E.F.; GONÇALVES, D.A; SANTOS, N.S.; TABOR, K. & STEININGER, M. (2004) Estimativa de perda de área do Cerrado brasileiro. Brasília: Conservação Internacional, 22p.
- MANTOVANI, J.E. & PEREIRA, A. (1998) Estimativa da integridade da cobertura vegetal de Cerrado através de dados TM/Landsat. *Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Santos, p. 1455-1466.
- MARICATO, E. (2000) Urbanismo na periferia do mundo globalizado: metrópoles brasileiras. *São Paulo Perspectivas*. , São Paulo, v. 14, n. 4, p.21-33.
- MARTINS, E.S.; REATTO, A.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. & GUIMARÃES, R.F. (2004) Evolução geomorfológica do Distrito Federal. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 122. 56 p.
- QUEIROZ, E.P. (2006) A migração intrametropolitana no Distrito Federal e Entorno: o conseqüente fluxo pendular e o uso dos equipamentos urbanos de saúde e educação. *Anais do XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais*, Caxambú, Brasil, p. 18-22.
- REATTO, A.; MARTINS, E.S.; CARDOSO, E. A.; SPERA, S. T.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R.F.; SILVA, A. V. & FARIAS, M. F. R. (2003) Levantamento de

reconhecimento de solos de alta intensidade do alto curso do Rio Descoberto, DF/GO, escala 1:100.000. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 92. 55 p.

- RABUS, B.; EINEDER, M.; ROTH, A. & BAMLER, R. (2003) The shuttle radar topography mission – a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 57: 241-262.
- RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. (1998) Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano, S. M., Almeida, S. P. ed. *Cerrado ambiente e flora*. Planaltina, DF: EMBRAPA/CPAC, p. 89-166.
- ROSEN, P.; EINEDER, M.; RABUS, B.; GURROLA, E.; HENSLEY, S.; KNOEPFLE, W.; BREIT, H. & ROTH, A. (2001a) SRTM mission cross comparison of X and C band data properties. In: International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Sydney, NSW, Australia. *Proceedings...*, 2: 751-753.
- ROSEN, P.; HENSLEY, S.; GURROLA, E.; ROGEZ, F.; CHAN, S.; MARTIN, J. & RODRIGUEZ, E. (2001b) SRTM C-band topographic data: quality assessments and calibration activities. In: International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Sydney, NSW, Australia. *Proceedings...*, 2: 739-741.
- SMITH, B. & SANDWELL, D. (2003) Accuracy and resolution of shuttle radar topography mission data. *Geophysical Research Letters*, 30(9): 1467-1470.
- VALERIANO, M.M. (2004) Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul. São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-10550-RPQ/756). 72p. (Boletim).
- VAN ZYL, J.J. (2001) The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM): A breakthrough in remote sensing of topography. *Acta Astronáutica*, 48: 5-12.