

## MONITORAMENTO DA DINÂMICA NO USO DO SOLO URBANO DE MONTES CLAROS/MG POR IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL

**Marcos Esdras Leite**

Professor Doutor Departamento de Geociências - UNIMONTES  
[marcosesdras@ig.com.br](mailto:marcosesdras@ig.com.br)

**Anete Marília Pereira**

Professora Doutora Departamento de Geociências – UNIMONTES  
[anete.pereira@unimontes.br](mailto:anete.pereira@unimontes.br)

**Bruno Alves Nobre**

Geógrafo – UNIMONTES  
[bruno.nobre13@gmail.com](mailto:bruno.nobre13@gmail.com)

**Alex Santos Martin**

Bolsista iniciação científica CNPQ – UNIMONTES  
[alexsm888@hotmail.com](mailto:alexsm888@hotmail.com)

### RESUMO

A terra urbana passou ao longo do tempo por muitas mudanças no seu uso, portanto, para melhor interpretação dessas alterações é necessário utilizar técnicas avançadas que contribuam para melhor compreensão do espaço urbano. Neste contexto, o sensoriamento remoto é essencial para a obtenção de dados precisos e atuais da cidade, principalmente, das cidades médias brasileiras que apresentaram uma transformação acelerada nos últimos 20 anos. Este trabalho teve como área de estudo Montes Claros, cidade média dinâmica, uma vez que exerce uma polarização econômica em toda a mesorregião Norte de Minas Gerais, que é composta por 89 municípios. Assim, este artigo analisou as mudanças no uso da terra na cidade de Montes Claros, no período entre 2000 e 2011, utilizando imagens de satélite de alta resolução espacial. Os resultados permitem entender como foi a dinâmica de uso do solo, apontando o índice de crescimento, bem como o local dessa transformação. No período analisado, a área ocupada da cidade teve expansão de 27,2 %, sendo que o maior responsável por esse crescimento foi a classe residencial, concentrada, principalmente na periferia sul e leste. Portanto, essas informações permitem compreender, de forma geral, o sistema urbano, e poderão ser usadas como subsídio, por parte dos gestores públicos, na definição de políticas de gestão urbana.

**Palavras-chave:** Sensoriamento Remoto, Cidade, Crescimento Urbano.

### DYNAMIC MONITORING OF LAND USE IN URBAN MONTES CLAROS/MG FOR HIGH RESOLUTION IMAGES SPACE

### ABSTRACT

Urban land passed over time through many changes in its use, so for better interpretation of these changes is necessary to use advanced techniques that contribute to better understanding of urban space. In this context, the remote sensing is essential for obtaining accurate and current data in the city, mainly of Brazilian cities that averages showed a rapid transformation in the last 20 years. This work was the study area Montes Claros, dynamic city average since exerts economic polarization across North mesoregion of Minas Gerais, which is composed of 89 municipalities. Thus, this paper analyzed the changes in land use in the city of Montes Claros, in the period between 2000 and 2011, using satellite images of high spatial resolution. The results allow us to understand how the dynamics of land use, indicating the growth rate as well as the location of this transformation. In the analyzed period, the occupied area of the city grew by 27.2%, and largely responsible for this growth was the residential class, concentrated mainly in the

---

Recebido em 25/04/2013

Aprovado para publicação em 16/08/2014

southern and eastern suburbs. Therefore, this information allows understanding, in general, the urban system, and may be used as a subsidy on the part of public managers in the definition of urban management policies.

**Keywords:** Remote Sensing. City. Urban Growth.

---

## INTRODUÇÃO

Em função das diversas atividades e da alta densidade demográfica presentes na cidade, esse espaço apresenta complexidade na interpretação do uso do solo. E pensar em desenvolvimento das áreas urbanas exige compreender as diferentes funções e interações entre os componentes que produzem o espaço urbano. Nesse sentido, a identificação das funções de cada área da cidade é primordial para apresentar planos e propostas de desenvolvimento urbano que visem uma melhor qualidade de vida para os cidadãos. Essa ideia é ratificada por Tenedório (1989) que afirma que as informações do uso de determinado espaço são imprescindíveis para o planejamento territorial, pois são basilares para o processo de conhecimento da organização do espaço.

O uso do solo é definido como a relação entre o espaço natural e as ações das pessoas em seu ambiente. Em outras palavras, o solo que antes era totalmente natural sofre mudanças devido à ação antrópica e, por consequência, das várias atividades que visam à produção de um ou mais produtos ou serviços (FAO, 2003). Cheng (2003) define uso do solo, de maneira ampla, como o nível de acumulação espacial de atividades, tais como produção, transação, administração e residência com fortes relações de dinâmica entre elas. Dessa forma, esse autor define uso do solo urbano em uma perspectiva econômica, na qual o uso está relacionado às atividades econômicas e funcionais a que o solo se destina. Essa visão expõe o fato de o uso do solo ser um indicador da condição socioeconômica de uma cidade, imprimindo característica peculiar a cada área.

O solo urbano passa, através do tempo, por inúmeras transformações em seu uso e a transição de estado de uso indica mudança na dinâmica da cidade. Para melhor estudo dessas áreas é necessário a utilização de técnicas avançadas que facilitem a análise do espaço intra-urbano, dentre elas as geotecnologias.

De acordo com Leite (2008), as geotecnologias englobam o Sistema de Informação Geográfica – SIG, a cartografia digital, o processamento digital de imagens, além do sensoriamento remoto. Este último é imprescindível para a obtenção de dados de uma determinada área, mas não se pode deixar de mencionar a importância do conhecimento prévio da área, bem como da visita a campo.

Para Rosa (2003) sensoriamento remoto pode ser definido como sendo a forma de obter informações de um objeto ou alvo, sem que haja contato físico com o mesmo. As informações são obtidas utilizando-se a radiação eletromagnética gerada por fontes naturais como o Sol e a Terra, ou por fontes artificiais como, por exemplo, o radar.

Com o desenvolvimento de novos sensores para captação de imagens de alta resolução da superfície terrestre, instalados em satélites artificiais, ampliaram as possibilidades de uso do sensoriamento remoto em estudos de cidades. As imagens de alta resolução são imprescindíveis para se trabalhar com o monitoramento das mudanças do uso do solo urbano, haja vista que a série histórica de produtos orbitais pode revelar a dinâmica da cidade em um recorte temporal.

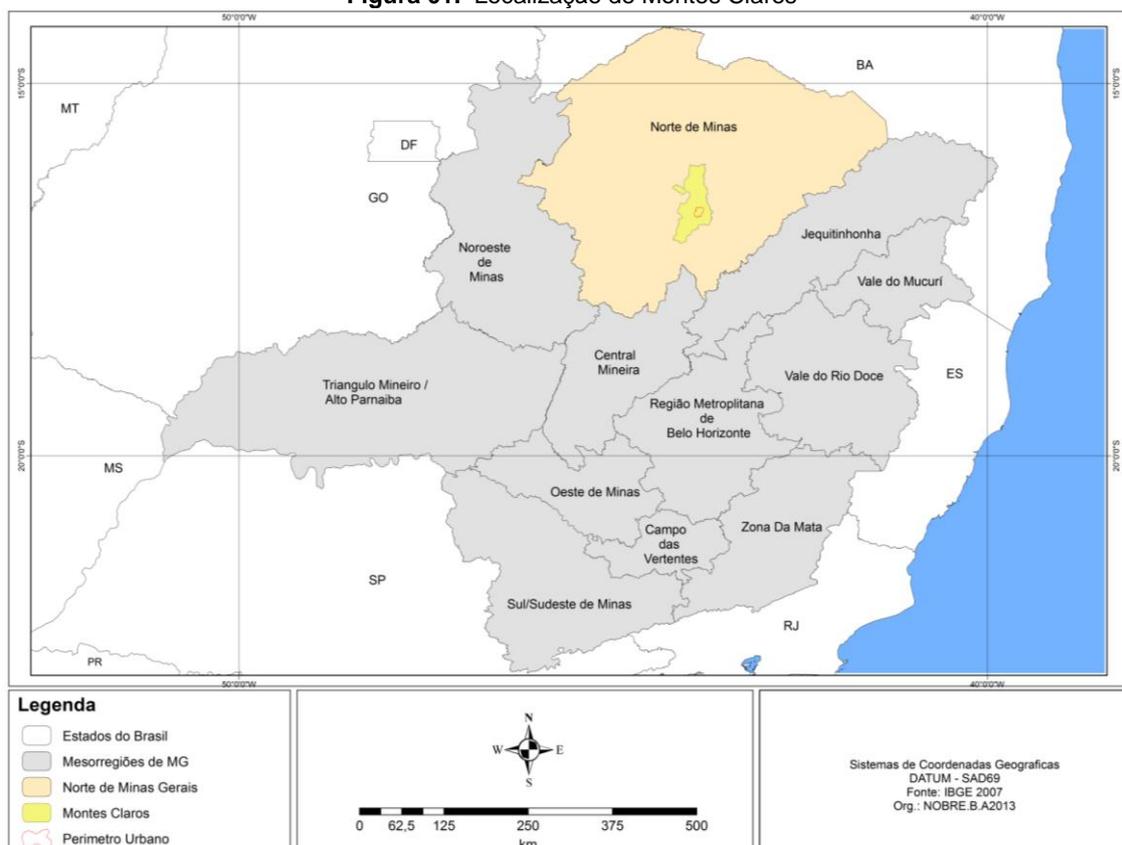
Pinho *et al* (2007) afirmam que para a criação de mapas de uso do solo intra-urbano são necessárias imagens orbitais de alta resolução, como as provenientes dos satélites Ikonos II, Quick bird e o World View. Para esses autores essas imagens são importantes fontes de informações, já que detém maior detalhamento da cobertura da terra, o que subsidia procedimentos de ortorretificação (produtos cartograficamente mais precisos), além de apresentarem alta resolução temporal, permitindo atualização constante dos dados.

Nesse contexto de uso do sensoriamento remoto aplicado ao espaço urbano, este trabalho se propõe a analisar a dinâmica do uso do solo na cidade de Montes Claros, nos anos de 2000 e

2011. Para isso, utilizou-se imagens de alta resolução espacial que foram processados em ambiente SIG, gerando mapas temáticos e tabela com área das classes de uso.

Conforme figura 1, Montes Claros está na mesorregião Norte de Minas Gerais. De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) a população municipal de Montes Claros, em 2010, era de 361.915 habitantes, apresentando uma densidade demográfica de 101,4 habitantes por km<sup>2</sup>. O Produto Interno Bruto (PIB) se destaca como o maior da mesorregião e o nono do estado de Minas Gerais, com um total, em 2010, de R\$ 4.021.83400,00 (IBGE, 2010). O índice de Desenvolvimento Humano (IDH), também, apresenta o melhor desempenho dos 89 municípios norte mineiros. De acordo com o Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil, nos últimos 20 anos, o município de Montes Claros apresentou avanços significativos nos indicadores sociais, com isso, o IDH passou de 0,514, em 1991, para 0,770, em 2010.

**Figura 01.** Localização de Montes Claros



No recorte temporal definido neste trabalho a população da cidade apresentou aumento considerável, pois foi acrescida por aproximadamente 54 mil habitantes, passando de 283.616 para 337.687 moradores em uma década. Como consequência do aumento demográfico houve a expansão física da cidade. Esse crescimento populacional foi maior nas classes de menor poder aquisitivo, logo a periferia urbana com menor oferta de equipamentos urbanos e infraestrutura foi a que apresentou maior expansão.

Tendo em vista o crescimento da população e as transformações físicas no cenário urbano de Montes Claros, torna-se importante o uso de tecnologias que forneçam informações sobre a dinâmica espacial e seus elementos condicionantes. Nesse sentido, o sensoriamento remoto, através de imagens de satélites de alta resolução, permite obter dados das mudanças no espaço urbano com precisão e rapidez. O resultado obtido por imagem de sensor orbital pode ser potencializado com sua integração ao Sistema de Informação Geográfica (SIG). Essa junção de instrumentos tecnológicos permite uma sistematização e análise da dinâmica de uso do solo com confiabilidade.

Cabe ressaltar que o resultado advindo das tecnologias de processamento da informação geográfica ou geotecnologias poderá ser aproveitado pelos administradores urbanos para definirem políticas públicas condizentes com a realidade da cidade. Dessa forma, o conhecimento gerado a partir da compreensão do uso do solo urbano poderá ser revertido em melhorias para a população, caso essas informações sejam, de fato, usadas pelos gestores da cidade.

## METODOLOGIA DE TRABALHO

Diante do objetivo apresentado anteriormente foi necessário definir o procedimento metodológico para execução da pesquisa, que possibilitou obter os resultados aqui discutidos. Sendo assim, foi determinada a ordem operacional do trabalho, como exposto na figura 2, em que a primeira etapa foi constituída pela definição da metodologia, na qual está inserida a revisão da bibliografia para melhor embasamento teórico do presente estudo.

Na sequência, iniciou-se o tratamentos dos dados, por meio do processamento das imagens de alta resolução para subsidiar a classificação visual. As imagens usadas neste trabalho foram do satélite Ikonos-II, de 2000 e *WorldView-2*, do ano de 2011. O primeiro foi lançado em setembro de 1999, e gera imagens em cinco bandas do espectro. A resolução espacial é de 1 metro no pancromático, com resolução temporal de 2,9 dias. O segundo foi lançado em outubro de 2009 e possui oito faixas espectrais. Este satélite tem resolução temporal de 1,1 dias e resolução espacial de 0,50 metro no pancromático.

Figura 2. Fluxograma de trabalho.

### Etapas de trabalho



Org: NOBRE. B.A, 2013

Para a vetorização dos usos utilizou-se o *software* ARC.GIS 10.0, licenciado para o Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Estadual de Montes Claros. Este produto apresenta diversas possibilidades de edição de mapas e de análise espacial com interface amigável para o usuário.

A vetorização dos usos seguiu duas etapas, sendo que a primeira foi utilizada para diagnóstico da área e realização da classificação binária, entre área ocupada e área não ocupada. Na sequência, foi realizada a vetorização dos usos, sendo eles: comercial/serviço, residencial e industrial. Para definição dessas classes foi seguida a proposta de Leite (2011), como mostra o quadro 1.

Após a vetorização das classes foi calculada a área de cada classe e, em seguida, foi aferido o percentual de cada classe em relação ao perímetro urbano referente a ano de cada imagem. Por fim, organizou-se os mapas de uso do solo urbano de Montes Claros e esses subsidiaram a análise dos resultados e a redação deste texto.

**Quadro 01.** Classes de uso do solo, de acordo com Leite (2011)

CLASSE DE USO	DESCRIÇÃO
 <p data-bbox="240 555 341 577">Industrial</p>	<p data-bbox="671 331 1369 465">Representa área da cidade com função industrial havendo plantas industriais instaladas ou com infraestrutura para recebê-las. A geometria espacial da indústria se diferencia dos outros usos, devido, principalmente pela resposta espectral da cobertura utilizada na construção e o tamanho das edificações.</p>
 <p data-bbox="240 882 448 904">Comercial/serviços</p>	<p data-bbox="671 618 1369 775">Por dados remotos é difícil diferenciar os usos de comércio e de prestação de serviço. Portanto, esses dois usos foram unificados em uma mesma classe, diferenciando das outras classes por serem edificações com dois ou mais andares e pelo tipo da cobertura que geralmente são homogêneas entre si e pelo porte da construção, na maioria das vezes médio.</p>
 <p data-bbox="240 1227 368 1249">Residencial</p>	<p data-bbox="671 938 1369 1016">A área residencial é aquela que exerce função de moradia indiferente da densidade de ocupação da área e da diferença socioeconômica existente na mesma.</p>

Fonte: LEITE, 2011.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

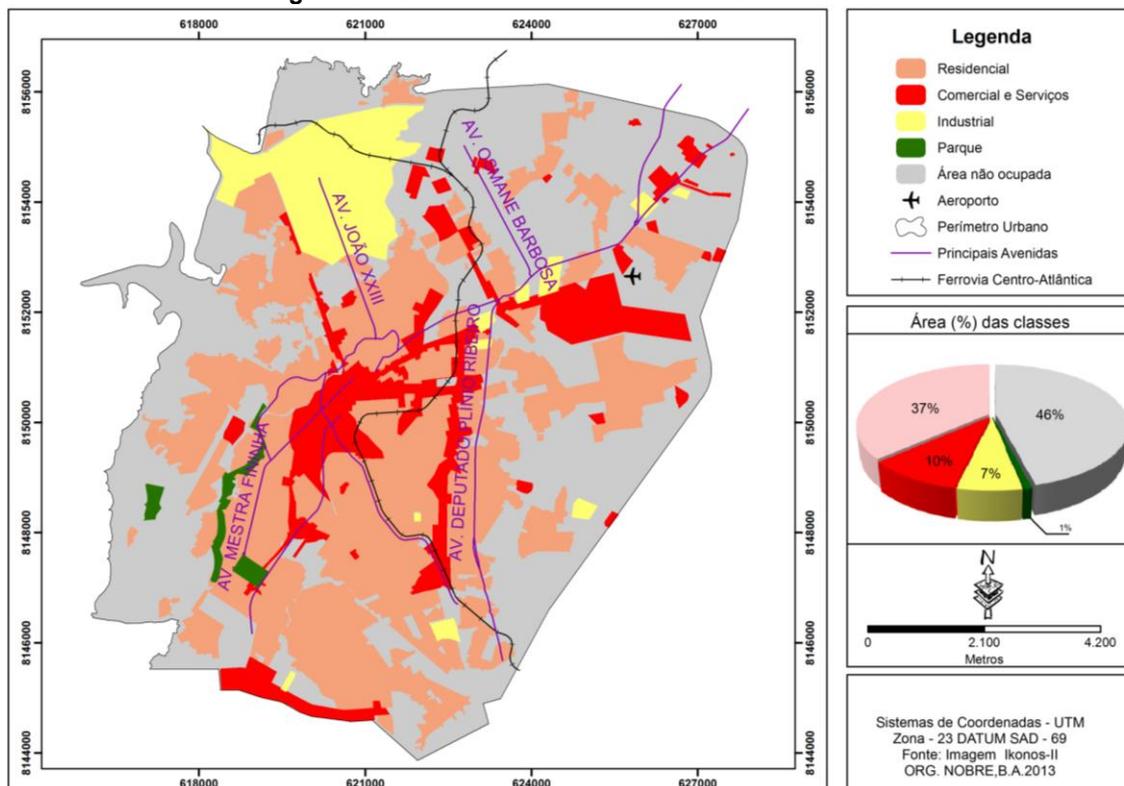
Henriques (2008) considera que a compreensão da dinâmica urbana, em específico do uso do solo urbano, é essencial para o planejamento e desenvolvimento sustentável da cidade. O ato de pensar o planejamento de uma cidade exige inicialmente informações atuais sobre o espaço urbano. No entanto, esse é um dos obstáculos para um planejamento urbano adequado, pois há escassez de dados da configuração da cidade, haja vista que não existe uma política programada de atualização de dados na maior parte das cidades brasileiras.

Dessa forma, os gestores dependem de dados de outras instituições que às vezes não contemplam a necessidade de determinada cidade. Como exemplo, tem-se o censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) que é umas das principais fontes de informações sobre os municípios brasileiros, mas tem o foco nas questões populacionais e não na dinâmica do espaço materializado. Além disso, os dados do IBGE são obtidos decenalmente e a transformação urbana possui outra dinâmica temporal.

Diante do potencial de aplicação das geotecnologias para entender o espaço urbano, este trabalho traz dados inéditos sobre a organização funcional da cidade de Montes Claros. Portanto, de acordo com a figura 1, representada pelo mapeamento do uso do solo urbano, em 2000, percebe-se que a área ocupada era de 54,3 km<sup>2</sup>, o que representava 53,8% do espaço urbano. O espaço não ocupado foi de 46,7 km<sup>2</sup>, correspondendo a 46,2% do perímetro urbano. No espaço classificado como ocupado foi possível identificar a classe industrial que possuía 7 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 13% do total. A classe de uso comercial/serviços correspondendo a

10 km<sup>2</sup>, ou seja, 18% da cidade. A classe de uso residencial foi a maior de Montes Claros com 37,3 km<sup>2</sup>, ou seja, 69% do espaço ocupado no perímetro urbano.

**Figura 02.** Uso do solo urbano de Montes Claros – 2000.



A Câmara Municipal de Montes Claros aprovou, em 2011, um novo perímetro urbano, por meio da Lei Municipal 4.428 de 2011. O novo perímetro urbano de Montes Claros possui uma área de 140,6 km<sup>2</sup>. Esse novo limite gerou aumento de 39,6 km<sup>2</sup>, em relação ao perímetro urbano de 2000, haja vista que este era de 101 km<sup>2</sup>.

No ano 2011, a imagem de satélite revelou algumas alterações no uso do solo urbano de Montes Claros em relação ao ano de 2000. Em 2011, a área ocupada subiu para 69,1 km<sup>2</sup>, ou seja, houve um aumento de 14,8 km<sup>2</sup> ao longo de 11 anos. No entanto, é necessário considerar que a expansão do perímetro urbano em 39,6 km<sup>2</sup> entre os dois períodos analisados reduziu o percentual da área ocupada de 53,8% para 49,1%.

A classe do uso residencial apresentou-se com 50 km<sup>2</sup> no espaço urbano de Montes Claros. Na sequência, está a classe comercial/serviços que obteve, em 2011, uma área de 12,4 km<sup>2</sup>. Por fim, o uso industrial mostrou-se com 6,7 km<sup>2</sup> de área na cidade (figura 3).

Os dados da tabela 1 quantificam a alteração dos usos do solo urbano em Montes Claros. Das três classes analisadas apenas o uso industrial apresentou, entre 2000 e 2011, uma pequena retração de área, passando de 7 para 6,7 km<sup>2</sup>, o que corresponde a uma redução de 4,3%. Esse fato está associado ao processo de refuncionalização de antigos prédios industriais que passaram a ser utilizados como pontos comerciais e de serviços. A figura 4 mostra esse processo, sendo que o prédio que anteriormente abrigava uma fábrica de óculos, atualmente é um supermercado. Os prédios de antigas fábricas no distrito industrial de Montes Claros foram adaptados e passaram a abrigar faculdades privadas. Esse fato mostra que a transformação econômica, em que a atividade industrial perdeu espaço para a atividade de serviço.

O processo apresentado anteriormente contribuiu também para que a classe comercial/serviços expandisse 24% no período analisado, ou seja, 2,4 km<sup>2</sup>, conforme tabela 1. O maior crescimento dos espaços comerciais foi na periferia da cidade. Esse fato está associado ao próprio crescimento de Montes Claros que foi direcionado para a periferia leste e sul da cidade.

Figura 03. Uso do solo urbano de Montes Claros – 2011.

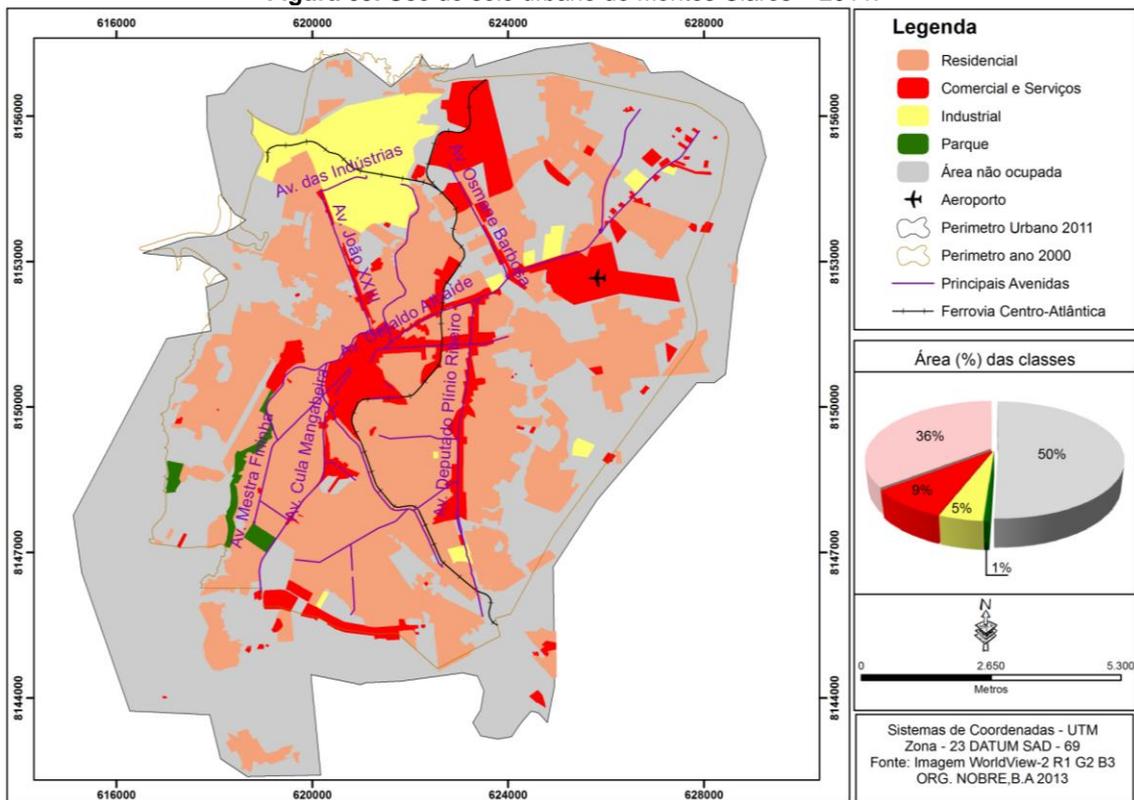


Figura 04. Prédio da antiga fábrica de óculos, atualmente supermercado da rede Wal Mart.



Tabela 01. Uso do solo de Montes Claros e taxa de crescimento.

Usos	Área (km²)		Crescimento (%)
	2000	2011	
Residencial	37,3	50	34,0
Comercial / serviços	10	12,4	24,0
Industrial	7	6,7	- 4,3
<b>TOTAL</b>	<b>54,3</b>	<b>69,1</b>	<b>27,2</b>

Org. NOBRE, (2012).

A classe residencial foi a que apresentou o maior crescimento absoluto, com 12,7 km<sup>2</sup> e relativo, com 34%. Naturalmente o aumento do perímetro urbano em 2011 contribuiu para essa

situação, haja vista que aglomerados descontínuos foram integrados a área urbana oficial. Outro aspecto que se destacou na classe residencial foi a ocupação dos espaços vazios internos da malha urbana ao longo dos 11 anos.

Analisando as áreas ocupadas observou-se que na área central da cidade o uso predominante é o comercial/serviços. Na zona norte da cidade concentra a atividade industrial, uma vez que lá está instalado o distrito industrial. Nos outros setores da cidade de Montes Claros predomina o uso residencial.

## CONCLUSÃO

Os processos de captação dos dados por sensoriamento remoto e, posteriormente, as análises realizadas em ambiente de SIG, permitiram obter informações importantes sobre o uso do solo urbano de Montes Claros. Primeiramente, é válido ressaltar que no período analisado a cidade apresentou um crescimento de 27,2% na parte ocupada do perímetro urbano. Esse crescimento físico da cidade está relacionado ao aumento da população urbana, que entre 2000 e 2010, passou de 283.616 para 337.687 habitantes, ou seja, um incremento de 19% na população. Esse fato se deve, em parte, a migração para Montes Claros, que se destaca como pólo regional.

Com relação às transformações do espaço ocupado da cidade, a área residencial teve o maior índice de crescimento, com 34%, seguida do uso comercial/serviços, com 24%. Os resultados apontaram que apenas a indústria perdeu espaço na cidade para a atividade de comércio e serviço. Neste sentido, o sensoriamento remoto e o Sistema de Informação Geográfica (SIG) se mostraram como relevantes ferramentas na geração de novas informações sobre o espaço urbano. Novas informações sobre a ocupação da cidade podem e devem ser utilizadas para melhor elaborar políticas públicas urbanas eficazes que contribuam para a gestão urbana.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEMIG e CNPQ pelas bolsas de produtividade e de iniciação científica, bem como pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

CHENG, J. **Modelling spatial & temporal urban growth**. 203 p. Theses (Doctoral in Geographical Sciences) - Utrecht University. Utrecht, 2003. Disponível em: <[http://www.itc.nl/library/Papers\\_2003/phd\\_theses/cheng\\_jianquan.pdf](http://www.itc.nl/library/Papers_2003/phd_theses/cheng_jianquan.pdf)>. Acesso em: 9 mar. 2013.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Plannaing for sustainable use of land resources**. FAO land and water bulletin 2. Rome: FAO, 2003.

HENRIQUES, C. D. **Maputo, cinco décadas de mudança territorial: o uso do solo observado por tecnologias de informação geográfica**. Lisboa: Cooperação Portuguesa, 2008.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Perfil do Município de Montes Claros. 2010. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php\\*codmun=314330&search=minas-gerais|montes-claros](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php*codmun=314330&search=minas-gerais|montes-claros)>. Acesso em: 10 jul. 2013.

LEITE, M. E. **Geotecnologias aplicadas ao mapeamento do uso do solo urbano e da dinâmica de favela em cidade média: o caso de Montes Claros/MG**. 2011. 287p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2011.

LEITE, M. E.; PEREIRA, A. M. **Metamorfose do espaço intra-urbano de Montes Claros/MG**. Montes Claros: Editora da Unimontes, 2008.

PINHO, C. M. D. de *et al.* Classificação de cobertura do solo de ambientes intra-urbanos utilizando imagens de alta resolução espacial e classificação orientada a objetos. In ALMEIDA, C. M. de; Câmara, G.; MONTEIRO, M. V. M. **Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual**. São Paulo: Oficina de textos, 2007. 117-134p.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 5ªed. Uberlândia. Ed. Da Universidade de Uberlândia, 2003.

SILVA, A. B. **Estudos Hidrogeológicos do aquífero cárstico da região de Montes Claros - MG** (Folha Capitão Enéias), BH;IGC/UFMG, 1989.

TENEDÓRIO, J. A. **Concepção de cartas de uso e evolução do solo por interpretação de fotografia aérea vertical. Almada: exemplo metodológico**. Instituto Nacional de Investigação Científica. Centro de estudos de geografia e planeamento regional: FCSH-UNL, 1989.