

Análise espaço-temporal da expansão da área urbanizada da sede do município de Alegre (ES)

Julio Almeida Moreira¹
Michael Oliveira Falqueto¹
Paulo de Tarso Ferro de Oliveira Fortes¹

¹ Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Campus Alegre
Departamento de Geologia
Caixa Postal 21 - 29500-000 - Alegre - ES, Brasil
julioalmeida9612@gmail.com; maikfalqueto@hotmail.com; paulo.fortes@ufes.br

Abstract. The city of Alegre has an area of 772,000 km², being the third largest of the mesoregion of the Espírito Santo Southern. Its urban structure has undergone great changes: the green areas have been replaced by buildings, houses, roads and other infrastructures that provide the development of the region. The objective of this work is to analyze the temporal evolution of the urbanized area of Alegre city, between the years of 1821 and 2016. The study relied on the use of maps, aerial photos and satellite images of Landsat TM 5 and Landsat OLI 8 from different epochs. The methodology was developed in three stages: Preprocessing, image information acquisition through visual interpretation and unsupervised classification using the *Isoseg algorithm* performed in the SPRING 5.4.1 and ArcGis 10.3 software, and, finally the spatio-temporal delimitation of the urban evolution of the area, creating polygons to calculate the urbanized area in each year of study. The results of the visual interpretation showed that there was an expansion of 191.35 ha of the urbanized area in the period from 1821 to 2016, occurring in a diffuse way, without following a preferential direction. The unsupervised classification was carried out on satellite images between 1988 and 2016, indicating an increase of 57.54 ha of urbanized area, different from that obtained through visual interpretation, which was 82.07 ha. If compared, both techniques demonstrated a growth of the urban area, however, the unsupervised classification method using Isoseg proved to be inaccurate.

Palavras-chave: urban expansion, remote sensing, geographic information systems, unsupervised classification, expansão urbana, sensoriamento remoto, sistemas de informações geográficas, classificação não supervisionada.

1. Introdução

A cidade de Alegre teve seu início de povoamento em 1820, quando a expedição liderada pelo Capitão-Mor Manoel Estêves de Lima, provindo de Minas Gerais a procura de terras férteis, chegou à região, em que atualmente se localiza a sede do município (IBGE, 2016).

Atualmente, a cidade de Alegre dispõe de boa infraestrutura urbana, comércio forte, e sofre de problemas urbanos advindos do contínuo e crescente êxodo das áreas rurais do município e da região, além do crescente número de estudantes residentes na cidade devido à existência de grandes instituições de ensino (IPES, 2005).

De acordo com Birkholz *et al.* (1983) se o desenvolvimento urbano ocorre de forma descontrolada, ele tende a prejudicar o sistema econômico, portanto controlá-lo é extremamente importante para a evolução socioeconômica de determinado local. Nesse contexto, o uso de sensoriamento remoto em conjunto com ferramentas de sistemas de informações geográficas (SIG) é de vital importância para a evolução socioeconômica (DEUS *et al.*, 2015).

Segundo Menezes e Almeida (2012), o Sensoriamento Remoto é uma ciência que visa à obtenção de imagens da superfície terrestre através da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os alvos terrestres. Podendo atuar como uma forma alternativa extremamente eficaz na avaliação do processo de desenvolvimento urbano. Os SIG's são ferramentas baseadas em sistemas computacionais, utilizados para armazenar, analisar, recuperar, modelar e visualizar informações geográficas (Burrough e McDonnel, 1998).

O objetivo do presente trabalho foi analisar a evolução espaço temporal da área urbanizada da sede do município de Alegre, no período de 1821 a 2016, utilizando imagens de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas, empregando técnicas de interpretação visual de imagem, classificação não supervisionada e análise espacial.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Localização da área de estudo

A área de estudo localiza-se entre as coordenadas 233683 m E, 7703814 m N e 239432 m E, 7699162 m N na porção sudoeste do município de Alegre, o qual, pertence à mesorregião do Sul do Espírito Santo (Figura 1). O município de Alegre ocupa área de 772,000 km² e tem população atual estimada de 32.175 habitantes (IBGE, 2016).

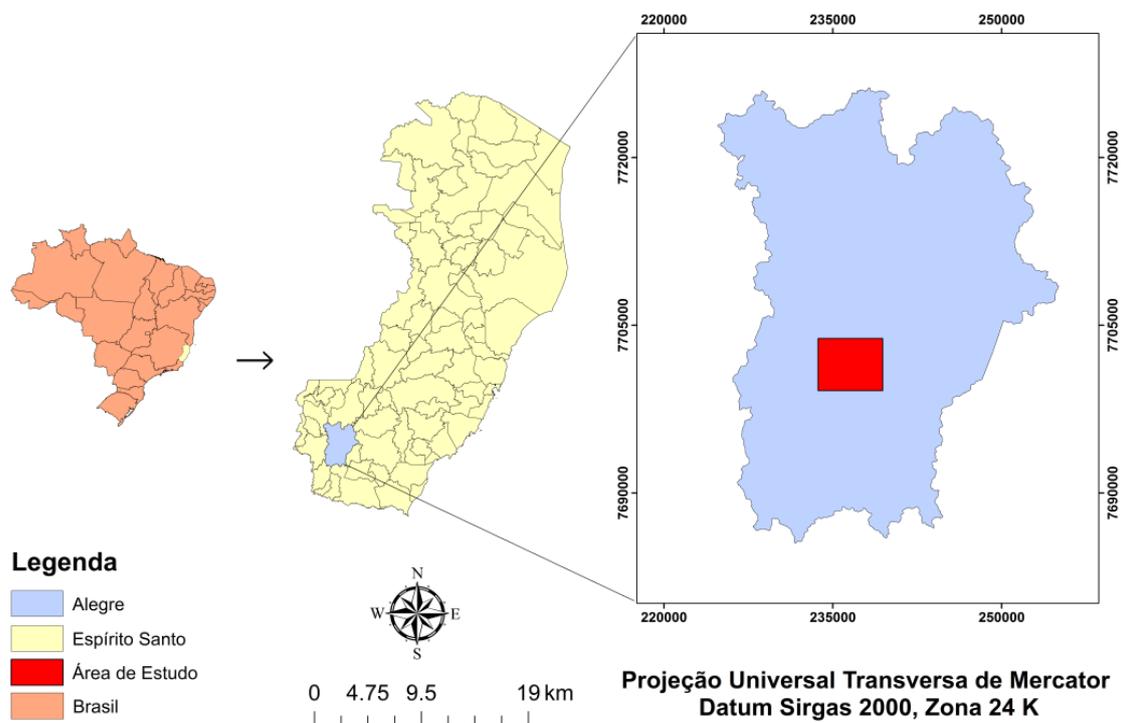


Figura 1 - Localização da área de estudo no município de Alegre.

2.2 Materiais

Os materiais utilizados para a realização do trabalho foram: cópia impressa de mapa de 1821 cedida pelo Instituto Histórico e Geográfico de Alegre (IHGA), aerofoto de 1953 de parte do município de Alegre disponibilizada pelo Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN), mapa topográfico em escala de 1:50.000 (Folha Guaçuí : SF-24-V-A-IV-4) de 1977 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e três imagens do Landsat TM 5, referentes aos anos de 1987, 1997 e 2006, e uma do Landsat OLI 8, referente ao ano de 2016, todas pertencentes a órbita/ponto 216/074 e obtidas gratuitamente no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

O arquivo vetorial com a divisão política do Brasil foi obtido no sítio do banco de dados *online* do IBGE, e aquele com a divisão política do Estado do Espírito Santo foi obtido no sítio do IJSN.

2.3 Métodos

A metodologia foi desenvolvida em três etapas: Pré-processamento (definição do sistema geodésico e cartográfico de referência, georreferenciamento, recorte da área de estudo), aquisição de informações (interpretação visual, classificação não supervisionada) e delimitação espaço temporal da expansão urbana da sede do município de Alegre.

A primeira etapa visou à definição do sistema geodésico SIRGAS 2000 e sistema de projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM) Zona 24K para todos os dados vetoriais e matriciais e corrigir geometricamente as imagens, georreferenciando-as através de pontos de controle de coordenadas conhecidas. Após o georreferenciamento das imagens, estas foram recortadas em uma mesma área, a fim de facilitar e acelerar a etapa posterior.

A segunda etapa refere-se à extração de informação das imagens utilizando duas diferentes técnicas, a interpretação visual da imagem e classificação não supervisionada para regiões de uma imagem segmentada, através do algoritmo *Isoseg*. Antes da realização dessas técnicas, todas as imagens foram submetidas à ampliação de contraste por histograma linear.

A interpretação visual foi realizada em todas as imagens, incluindo as do Landsat 5, com o uso da composição colorida RGB-321(falsa-cor) e Landsat 8, utilizando somente a Banda 8, visto que esta é aquela com melhor resolução espacial (15m). A classificação foi realizada somente nas imagens de satélite, com as imagens do Landsat 5, gerou-se uma imagem segmentada a partir de informações das bandas 1,2,4 considerando 30 de similaridade e 1 de área, e então empregou-se o algoritmo *Isoseg* com limiar de aceitação de 95%. Para a classificação das imagens do Landsat 8 utilizou-se o mesmo limiar de aceitação, porém foram usadas as bandas 2,3 e 5 para a geração da imagem segmentada, com 1000 de similaridade e 3 de área.

Após a classificação, para cada imagem criou-se um mapa temático, delimitando os temas em somente duas classes, área urbanizada e área não urbanizada. Também se realizou pós-classificação três vezes para cada imagem, utilizando-se 2 de peso e 5 de limiar, afim de eliminar pontos isolados, gerando uma imagem classificada com aparência menos ruidosa.

A terceira etapa refere-se à delimitação espaço temporal da expansão urbana da sede do município de Alegre, realizada através da criação de polígonos da área urbanizada identificada para cada uma das imagens dos anos estudados, e então se calculando a área em hectares de cada um desses polígonos.

Os *softwares* utilizados para análise, integração e processamento dos dados foram o SPRING (Sistema de Processamento e Informações Georreferenciadas – INPE) versão 5.4.1 e o ArcGis 10.3 da Environmental Systems Research Institute – ESRI.

3. Resultados e Discussão

A partir da interpretação visual das imagens, foi possível gerar polígonos das áreas urbanizadas referentes a cada ano de estudo, os quais estão apresentados na Figura 2, onde é possível se ter uma noção da expansão urbana da sede do município de Alegre.

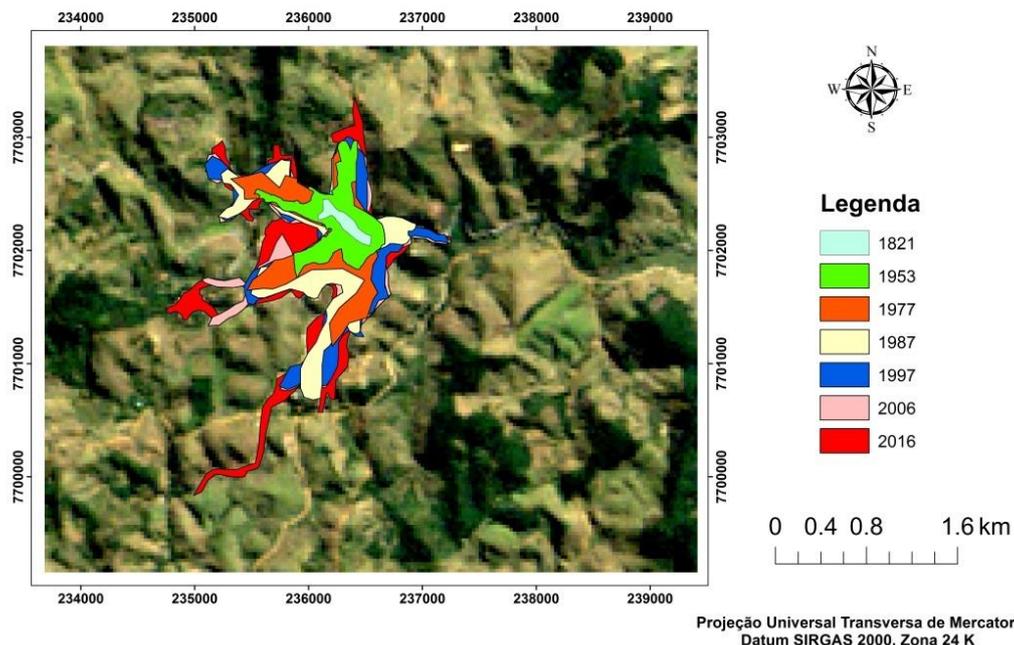


Figura 2 – Expansão da Área urbanizada na sede do município de Alegre, ES, por interpretação visual.

Foi possível realizar a quantificação do crescimento da área urbanizada, que ao longo de 195 anos teve um acréscimo de 191,35 ha (Tabela 1).

Observa-se que a expansão urbana ocorreu de modo gradual até certo ponto, visto que sua taxa de crescimento segue uma constância de redução até o intervalo de anos entre 2006 e 2016, quando tem aumento de 23,22% e o maior acréscimo na área urbanizada, sendo este de 45,29 ha. Este fato pode estar ligado à expansão da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), que neste intervalo de tempo criou oito novos cursos de graduação e nove de pós-graduação, de acordo com informações disponíveis no sítio da UFES, *Campus* de Alegre. A evolução urbana ocorrida na sede do município se deu de forma difusa, sem seguir uma direção preferencial.

Tabela 1 - Área urbanizada, acréscimo e taxa de crescimento da área urbanizada, obtido através da interpretação visual.

Ano	Área urbanizada (ha)	Acréscimo da área urbanizada (ha)	Taxa de crescimento da área urbanizada (%)
1821	5,62	-----	-----
1953	44,27	38,65	687,72
1977	78,58	34,31	77,50
1987	114,90	36,32	46,22
1997	142,24	27,34	23,79
2006	151,68	9,44	6,64
2016	196,97	45,29	29,86

Para a criação do polígono da área urbanizada da sede do município nos mapas de 1821 (Figura 3) e 1977 (Figura 5) foi necessário conhecimento local do intérprete, diferente da aerofoto do ano de 1953 (Figura 4) e das imagens de satélite. Foram geradas imagens de classificação não supervisionada das imagens dos anos de 1987, 1997, 2006 e 2016, que para

efeitos de comparação foram colocadas ao lado das imagens utilizadas para a interpretação visual dos mesmos anos de estudo (Figura 6, 7,8 e 9). Também foi possível quantificar o crescimento da área urbana por este método, onde no intervalo de anos entre 1987 e 2016 ocorreu um aumento de 57,54 ha com uma taxa de crescimento de 58,57% (Tabela 2). Sendo que, nesse mesmo intervalo, por interpretação visual, o aumento foi de 82,07 ha com uma taxa de crescimento de 71,42%.

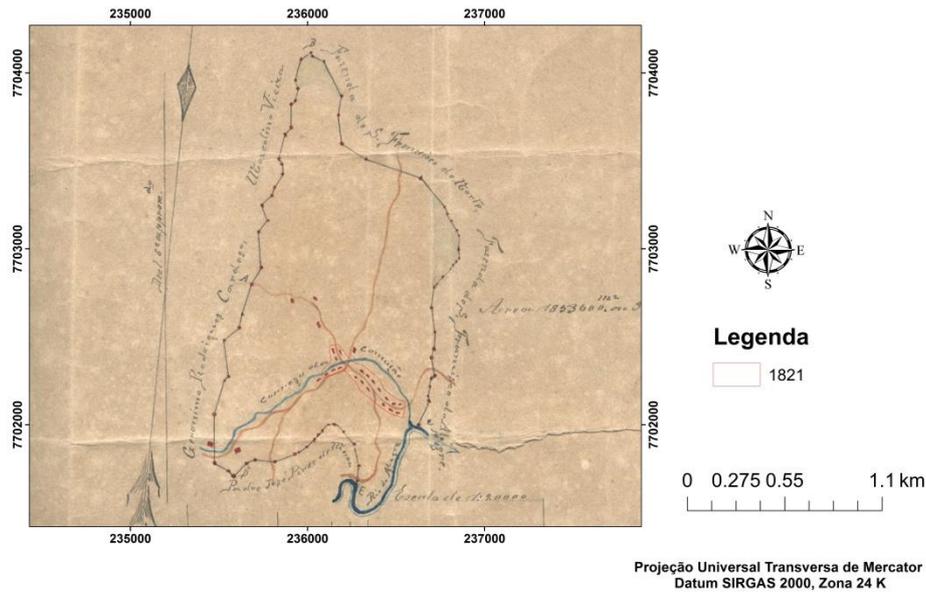


Figura 3 - Área urbanizada na sede do município de Alegre, ES, no ano de 1821, obtido através da interpretação visual.

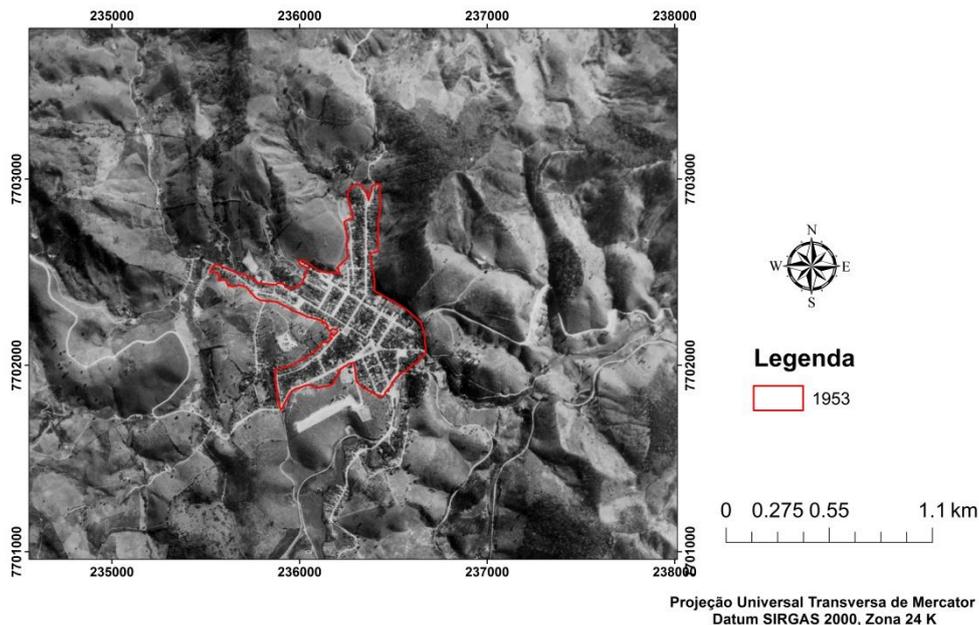


Figura 4 - Área urbanizada na sede do município de Alegre, ES, no ano de 1953, obtido através da interpretação visual.

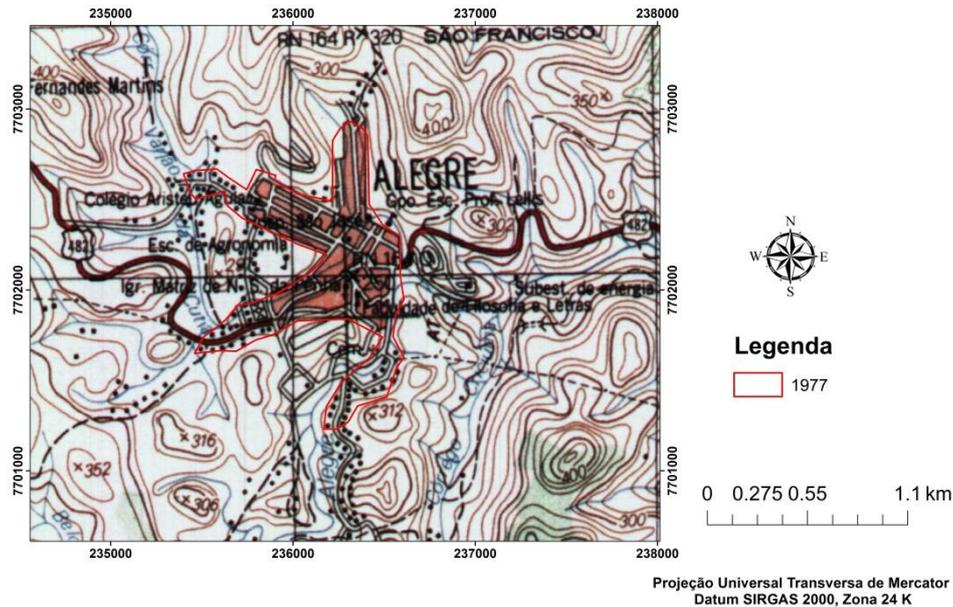


Figura 5 - Área urbanizada na sede do município de Alegre, ES, no ano de 1977, obtido através da interpretação visual.

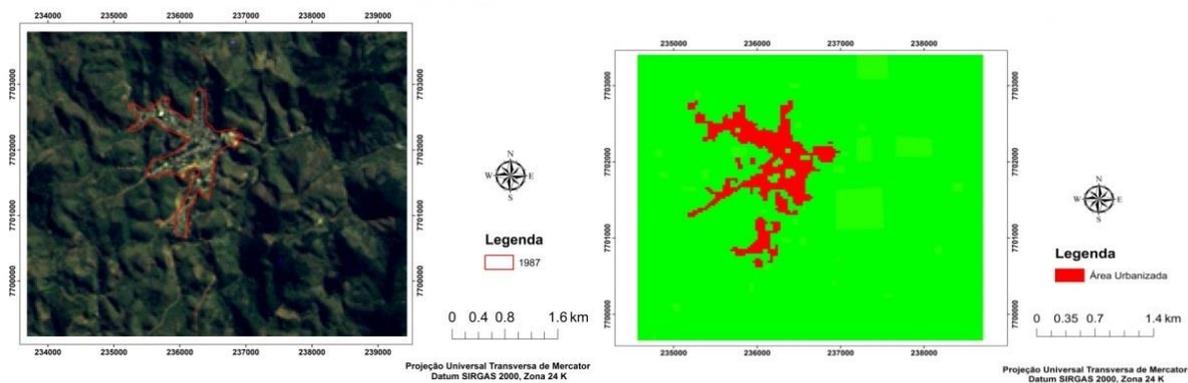


Figura 6 – Área urbanizada na sede do município de Alegre, ES, no ano de 1987, obtido através da classificação não supervisionada e interpretação visual.

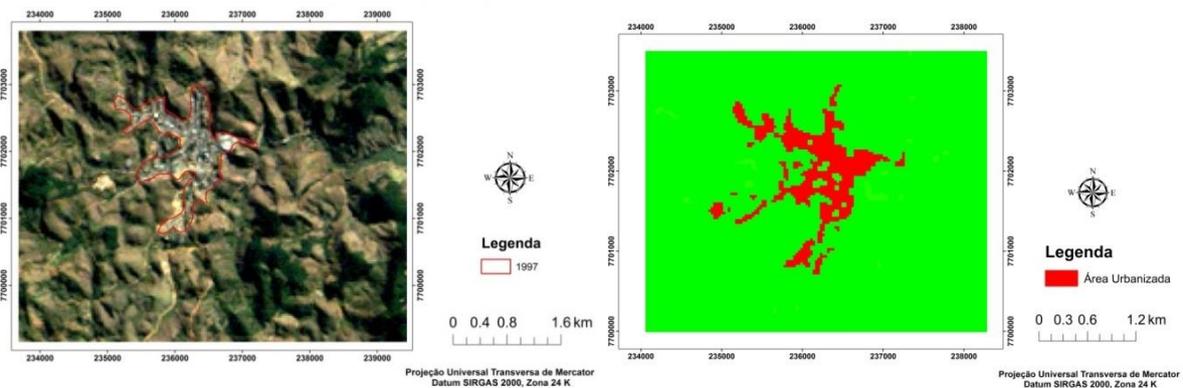


Figura 7 - Área urbanizada na sede do município de Alegre, ES, no ano de 1997, obtido através da classificação não supervisionada e interpretação visual.

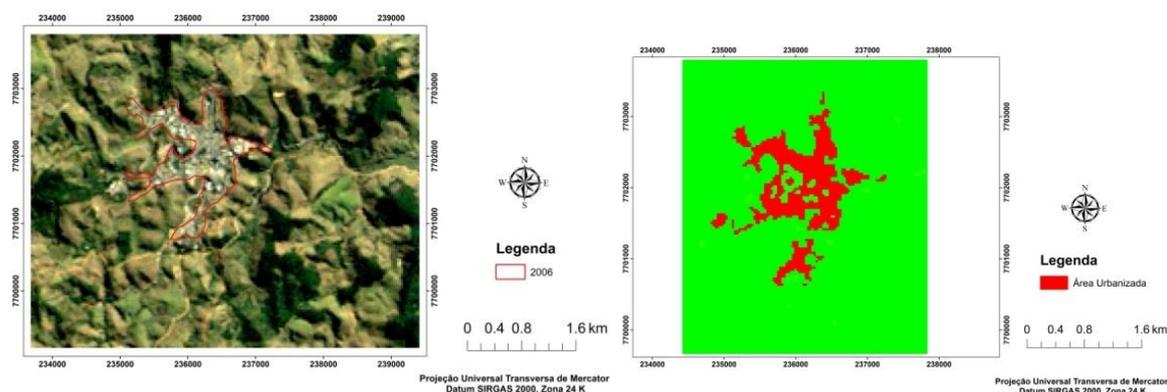


Figura 8 - Área urbanizada na sede do município de Alegre, ES, no ano de 2006, obtido através da classificação não supervisionada e interpretação visual.

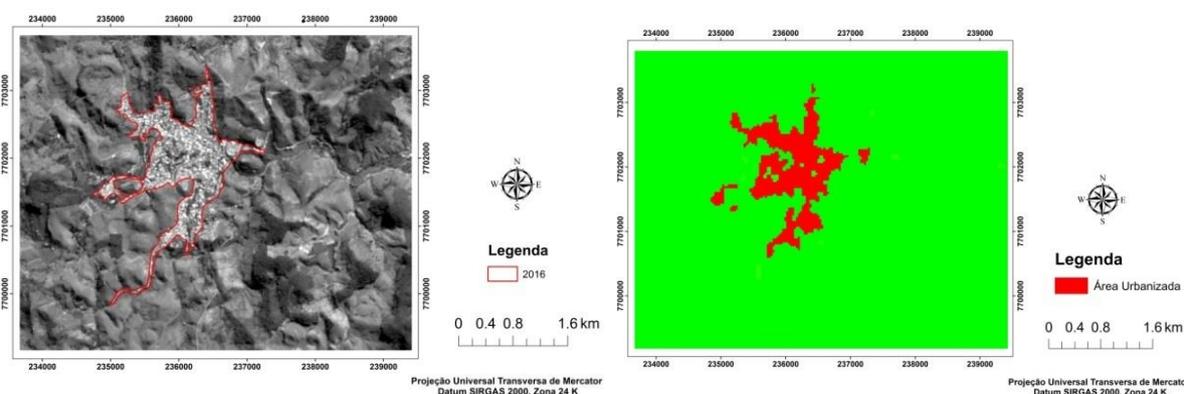


Figura 9 - Área urbanizada na sede do município de Alegre, ES, no ano de 2016, obtido através da classificação não supervisionada e interpretação visual.

Tabela 2 – Área urbanizada, acréscimo e taxa de crescimento da área urbanizada, obtido através da classificação não supervisionada.

Ano	Área urbanizada (ha)	Acréscimo da área urbanizada (ha)	Taxa de crescimento da área urbanizada (%)
1987	98,24	-----	-----
1997	104,97	6,73	6,85
2006	137,76	32,79	31,24
2016	155,78	18,02	13,08

É visível que entre os anos de 1997 e 2006 foi onde ocorreu o maior acréscimo na área urbanizada (32,79 ha) e também na taxa de crescimento, sendo este de 31,21%, o que não é compatível com os dados gerados a partir da interpretação visual, visto que segundo a tabela 1, este fato ocorreu entre os anos de 2006 e 2016.

4. Conclusões

Por meio das informações obtidas neste trabalho, percebe-se que o sensoriamento remoto e SIG aplicado à análise da expansão urbana, é uma ferramenta extremamente válida e eficaz. Pois, através deles geraram-se mapas e tabelas que auxiliaram na visualização dos dados e conhecimento da área estudada. As imagens do LANDSAT TM 5 e LANDSAT OLI 8 também se mostraram como uma boa alternativa para o estudo de expansão urbana, visto que

são disponibilizadas gratuitamente pelo INPE e possuem de certo modo boa qualidade espectral e espacial.

A metodologia utilizada não só possibilitou a delimitação das áreas de expansão urbana para a sede do município de Alegre, como também sua evolução diante o tempo. Assim, este tipo de trabalho pode servir como referência para que os responsáveis pela gestão pública compreendam as transformações nos espaços urbanos, e ainda apontar as áreas ideais para uma possível futura expansão urbana.

A utilização da classificação não supervisionada para regiões de uma imagem segmentada, através do algoritmo *Isoseg* apresentou resultados satisfatórios, visto que se observou expansão urbana entre os anos estudados, porém não apresentou resultados totalmente precisos, sendo assim, pode ser considerada uma técnica complementar no estudo da expansão urbana de determinado local.

Referências Bibliográficas

BIRKHOLZ, L. B. ; BRUNA, G. C. ; NOGUEIRA, B. C. ; RONCA, J. L. C. ; ZAHN, C. E. ; Righi, Roberto . O Processo de Urbanização: Características e Evolução. In: Bruna, Gilda Collet. (Org.). Questões de Organização do Espaço Regional. São Paulo: Nobel / EDUSP, p. 25-42, 1983.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A.. Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press, England, p. 336, 1998.

DEUS, R. A. S. G; RAMOS, R. P. S.; COSTA, S. O. S.; GOMES, D. D. M. Análise Multitemporal da Expansão Urbana do Município de Garanhuns – PE, Através do Sensoriamento Remoto. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, p. 1535-1544, 2015.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO SECRETARIA DE ESTADO DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO – SEP. INSTITUTO DE APOIO À PESQUISA E AO DESENVOLVIMENTO JONES DOS SANTOS NEVES – IPES. **DIAGNÓSTICO SOCIOECONÔMICO DA MICRORREGIÃO CAPARAÓ**. Vitória, 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 01 nov. 2016.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. 1. Ed. Brasília: CNPq, v. 1, p. 256, 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO, CAMPUS DE ALEGRE. Disponível em:<<http://www.alegre.ufes.br/historia>>. Acesso em: 28 out. 2016.