

## **Avaliação da taxa de urbanização do Bioma Cerrado através dos produtos DMSP-OLS: uma análise preliminar para os anos de 1992 a 2009**

Maria Cristina Xavier e Azevedo<sup>1</sup>  
Manuel Eduardo Ferreira<sup>1</sup>  
Genival Fernandes Rocha<sup>1</sup>  
Laerte Guimarães Ferreira Jr<sup>1</sup>  
Paulo Henrique Azevedo Sobreira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Goiás - UFG/IESA  
Lab. Processamento de Imagens e Geoprocessamento - LAPIG  
Caixa Postal 131 - 74001-970 - Goiânia - GO, Brasil  
{mxczevedo, gfernandesr}@gmail.com; {manuel, laerte}@iesa.ufg.br;  
sobreiracosmografia@yahoo.com.br

**Abstract.** The Cerrado is considered one of the most threatened biomes in the world, in consequence of the deforestation and forest fires. Currently, several instruments on board satellites and various public databases allow the monitoring of a range of phenomena related to the land use in this biome. One of these instruments is the DMSP (Defense Meteorological Satellite Program), with which is possible to monitor the emission of artificial lights present in urban areas. Thus, this paper aims to quantify the rate of urbanization for the Cerrado region using images acquired from this satellite between 1992 and 2009. The light stable images were treated by the Air Force Space and Missile Systems Center, to ensure only depict artificial sources of light. The analysis of points of lights can indicate if there is occupation in a given area/moment and estimate the human population development. Our main results show that among the states with the largest urbanized area in the Cerrado are Sao Paulo (471,028 km<sup>2</sup>), Minas Gerais (359,197 km<sup>2</sup>) and Goiás (311,102 km<sup>2</sup>), while the Piauí (46,692 km<sup>2</sup>), Bahia (52,519 km<sup>2</sup>) and Tocantins (77,698 km<sup>2</sup>) are among the least urbanized states. In general, the last two decades, the rate of urbanization in the region was higher than 100%. Finally, additional studies are being conducted with demographic data from IBGE (the urban population in states/municipalities), thus broadening the approaches to the products DMSP for the Cerrado biome.

**Palavras-chave:** Cerrado, DMSP images, urban area, Cerrado, imagens DMSP, área urbana.

### **1. Introdução**

O Cerrado é um dos biomas mais ameaçados do mundo devido, entre outros, ao contínuo e intenso processo de conversão antrópica. Em pouco mais de quatro décadas, este bioma já apresenta cerca de 50% de seu limite original convertido em áreas de pastagem e agricultura (Sano et al., 2010).

Em vista de tal ameaça para a manutenção deste bioma, torna-se imprescindível a realização de monitoramentos sistemáticos de vários fenômenos físicos e antrópicos, capazes de estimar os impactos ambientais neste rico e ainda desconhecido ambiente. Além das limitações científicas e tecnológicas, o monitoramento (via satélite) de uma grande área como esta do Cerrado (2 milhões de km<sup>2</sup>) apresenta uma série de dificuldades, inerentes ao método/tecnologia disponível, tais como os constantes períodos com ocorrência de nuvens, volume de processamento computacional dos dados, além da singular complexidade para o mapear a cobertura do solo nesta região de savanas (e seu mosaico de fitofisionomias) (Ferreira et. al., 2009). Justifica-se assim a busca por novas ferramentas e bases de dados, capazes de subsidiar a obtenção de informações acerca dos fenômenos na superfície terrestre.

Dentre estas recentes ferramentas/bases de dados de sensoriamento remoto, destacam-se as imagens obtidas pelos satélites do Programa de Satélite Meteorológico de Defesa (ou DMSP - Defense Meteorological Satellite Program), pertencente ao Departamento de Defesa Norte Americano, e administrado pelo Centro de Sistemas Espaciais e Mísseis da Força Aérea dos Estados Unidos (SMC - Air Force Space and Missile Systems Center). O DMSP, além de registrar a distribuição e a temperatura no topo das nuvens, pode localizar focos de

queimadas, gás e as luzes noturnas nas áreas urbanas, rurais e industriais. As luzes urbanas, por sua vez, podem ser utilizadas para quantificar a população urbana (Tomás, 2010), sendo uma alternativa para monitorar uma região em que os dados censitários são escassos e o trabalho de campo dispendioso (Amaral et al., 2006). Com base no exposto, o presente trabalho teve como objetivo quantificar a taxa de urbanização do bioma Cerrado, entre 1992 e 2009, utilizando imagens do sensor DMSP-OLS.

## 2. Metodologia de Trabalho

### 2.1 Área de estudo

Esta pesquisa abrange todo o limite do bioma Cerrado, envolvendo os estados da Bahia, Goiás (incluindo o Distrito Federal), Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Piauí, São Paulo e Tocantins. A Figura 1 ilustra a área mencionada.

### 2.2 Bases de dados

Os dados do sensor DMSP-OLS são obtidos desde 1972, mas, até o momento, foram disponibilizadas imagens anuais a partir de 1992 (satélite F10, F12, F14, F15 e F16). Estas podem ser obtidas para todo o globo em <http://www.ngdc.noaa.gov/dmsp/dmsp.htm>, bem como informações gerais sobre o programa.

Os satélites do programa DMSP estão em órbita heliossíncrona quase-polar, a uma altitude de aproximadamente 830 km da superfície da Terra. O sensor OLS (Operational Linescan System) é capaz de imagear faixas de 3.000 km de largura, com resolução espacial entre 550 m e 2,7 km, operando nas regiões do espectro de luz visível (400 - 1.100 nm) e do infravermelho termal (TIR) (10.000 - 13.400 nm). Durante as noites, este sensor utiliza um instrumento chamado *Photo Multiplier Tube* (PMT), o qual intensifica o sinal da banda visível (470 - 950nm).

Conforme Cinzano (2000), o PMT apresenta maior sensibilidade entre 500 – 650nm do espectro na faixa de emissões primárias, utilizado pela maioria das lâmpadas de iluminação externa: vapor de mercúrio (545nm e 575nm), sódio de alta pressão (entre 540nm até 630nm) e baixa pressão de sódio (589nm).

Dentre os satélites / imagens DMSP disponíveis, encontram-se os satélites F10 (para os anos de 1992, 1993, 1994), F12 (1995, 1996, 1997, 1998, 1999), F15 (2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2006, 2007) e F16 (2008, 2009). Atualmente, o portal de dados do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento ([www.lapig.iesa.ufg.br](http://www.lapig.iesa.ufg.br)), da Universidade Federal de Goiás (UFG), está disponibilizando os dados DMSP para limite do bioma Cerrado.

### 2.3 Procedimentos de análise

Cada cena DMSP é composta, em geral, por 3 bandas espectrais: uma imagem sem cobertura de nuvens (*cloud free coverages band*), outra do visível (*average visible*) e a terceira chamadas de Luz estabilizada (*stable lights*). Neste trabalho foi utilizada apenas a banda *stable light*, por esta conter os pontos luminosos das cidades, vilas ou outros locais com a iluminação persistente (já filtradas das interferências atmosféricas e de outras fontes de luzes que não-urbanas). Neste caso, os valores válidos possuem níveis de cinza na escala de 1 a 63. Estas imagens são normalmente tratadas pelos responsáveis pelo produto (portal de dados), a fim de garantir que retratem apenas as fontes artificiais de luzes, sem focos de queimadas e nem luzes de embarcações marítimas.

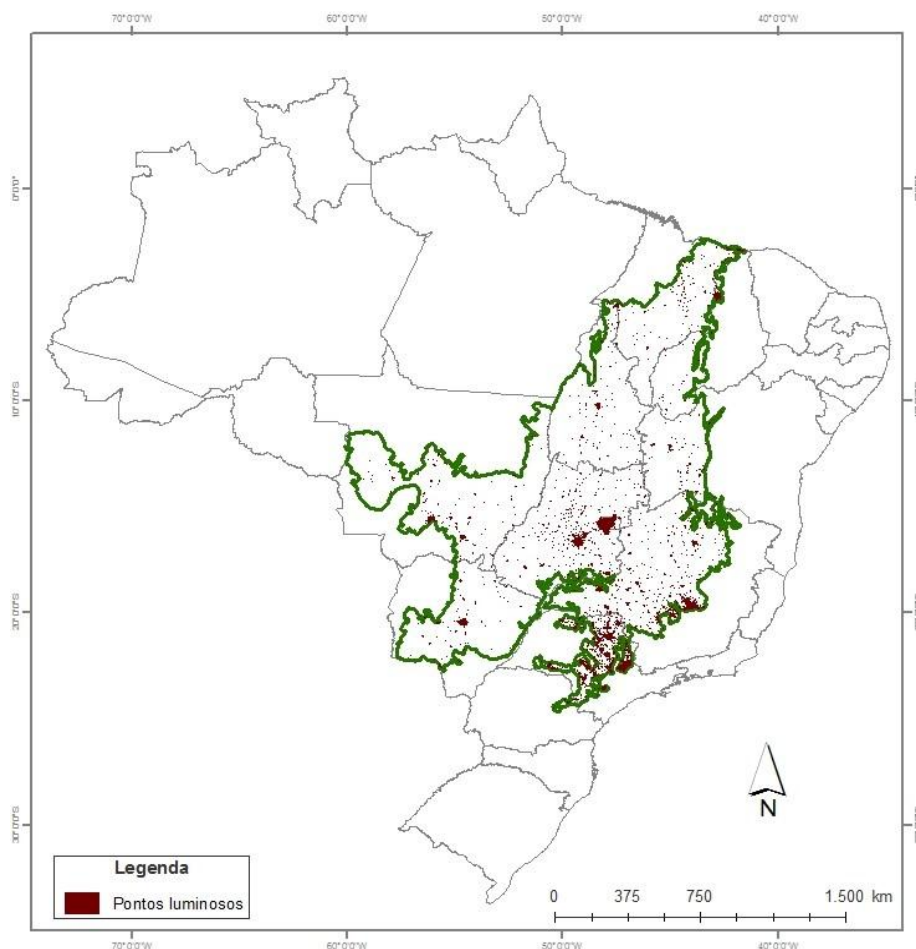
Dessa forma, efetuou-se a manipulação das imagens captadas pelos satélites DMSP F10, F12, F15 e F16, para todo o globo terrestre. Em seguida, foi delimitada a área do Cerrado sobre as cenas e, finalmente, aplicou-se uma máscara do “Cerrado” para todas as cenas

analisadas. Em seguida foi possível vetorizar cada uma das imagens correspondente aos anos citados acima, possibilitando a análise destes dados num Sistema de Informações Geográficas.

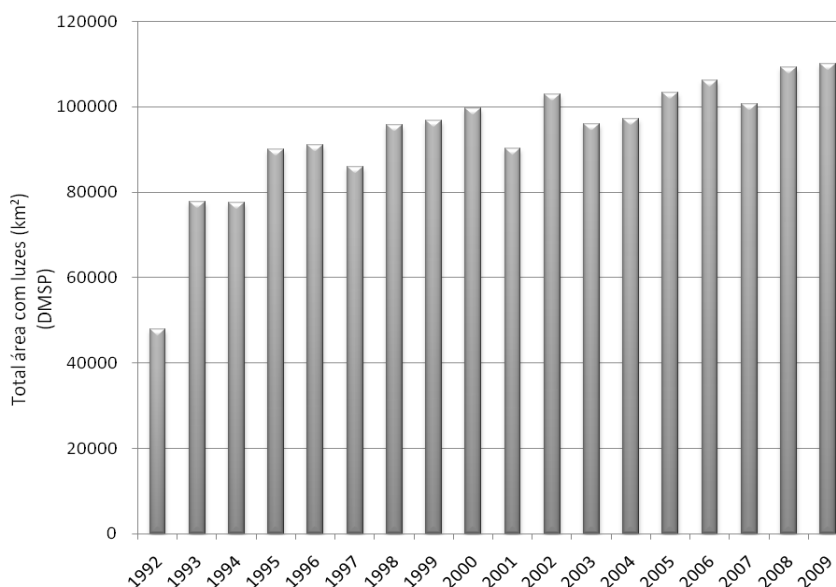
### 3. Resultados e Discussão

A Figura 2 ilustra o crescimento das áreas urbanas no Cerrado entre 1992 e 2009, indicando uma variação em mais de 100% ao longo de quase duas décadas, o que indica uma ocupação humana intensa e contínua nos últimos anos. De acordo com a Figura 3, observa-se que no ano de 1992 as fontes luminosas (neste caso, áreas urbanizadas) estavam concentradas, principalmente, na região noroeste de São Paulo, em forte expansão para Minas Gerais, Goiás e Maranhão, enquanto que nos demais estados, a concentração de luzes ainda era baixa (valores em  $\text{km}^2$ ). Especificamente nos estados de Goiás, parte de Minas Gerais e de São Paulo, concentram-se as maiores quantidades de luzes a partir de 1995, com destaque para o Mato Grosso, com relativo aumento no Distrito Federal, Tocantins e Mato Grosso do Sul. Ainda no ano de 1998 ocorre o aumento da área iluminada no Maranhão (com ligeira queda, em 2001, no Mato Grosso, devido à inconstâncias no produto DMSP, causada pela nebulosidade e outras interferências – tais como queimadas).

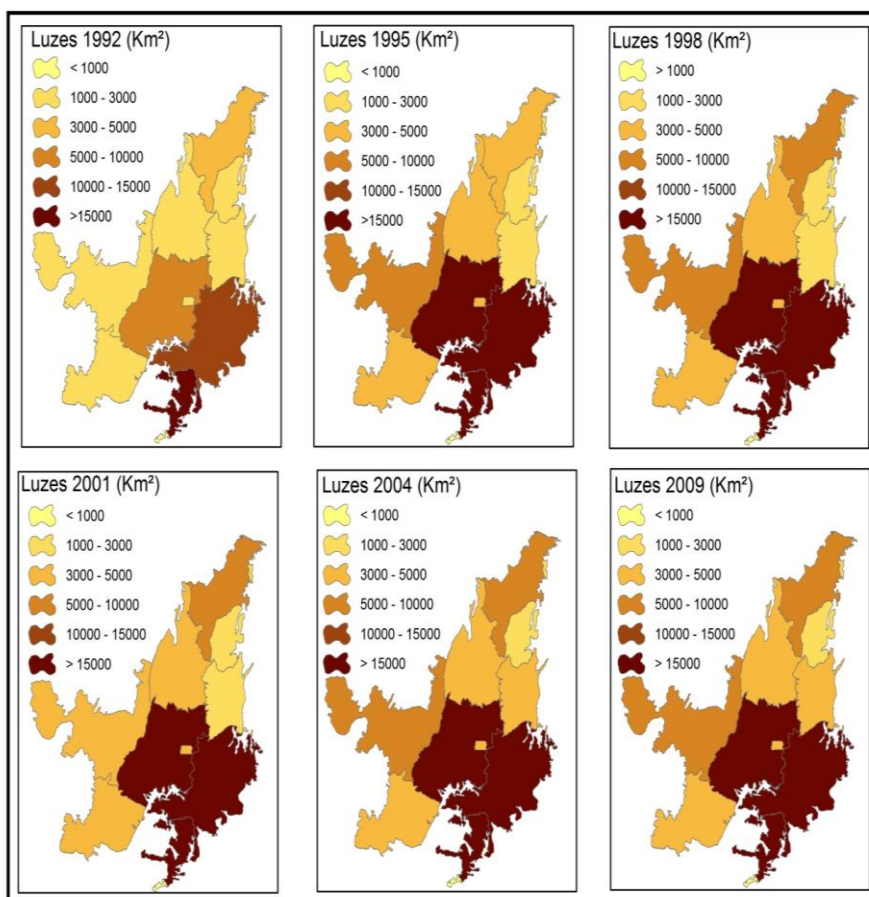
Entre 2004 e 2009, observa-se que as concentrações de luzes por  $\text{km}^2$  mantiveram-se estáveis nestes estados, ocorrendo aumento apenas na Bahia. A região correspondente ao estado do Paraná, de acordo com esta série de mapas, mostra baixo índice de iluminação, sobretudo pela pequena área amostrada no Cerrado (menos de 2%).



**Figura 1.** Localização da área de estudo (bioma Cerrado, em verde) em relação aos estados do Brasil, sobrepostos com um exemplo de manchas luminosas do ano de 2008.

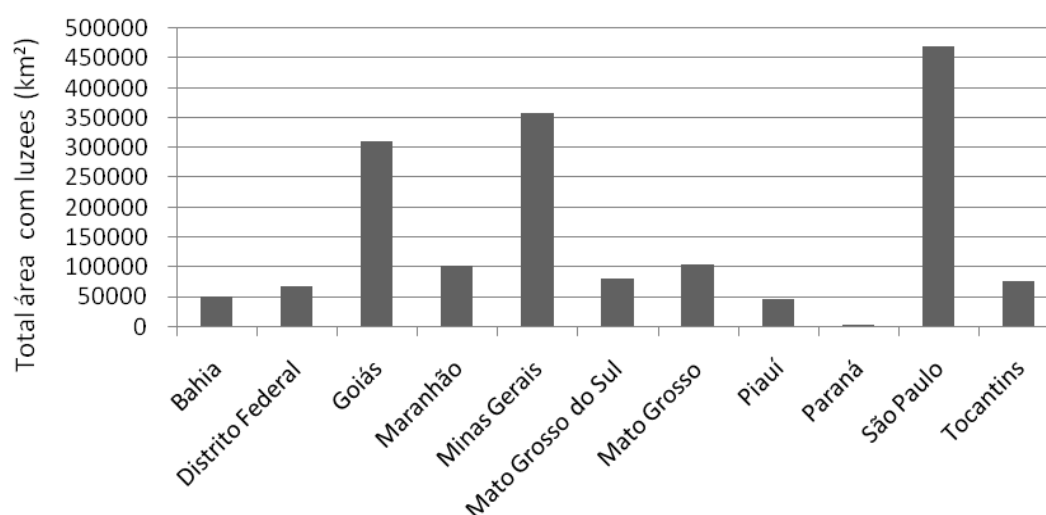


**Figura 2** - Área total com luzes (km<sup>2</sup>) no Cerrado para os respectivos anos amostrados.



**Figura 3.** Expansão das áreas urbanas nos estados do Cerrado, representadas pelas luzes artificiais captadas pelo satélite DMSP, entre 1992 e 2009.

Na Figura 4 é possível verificar a concentração total de luzes (de 1992 a 2009) nos respectivos estados analisados. No primeiro bloco encontra-se São Paulo (471.028 km<sup>2</sup>), Minas Gerais (359.197 km<sup>2</sup>) e Goiás (311.102 km<sup>2</sup>), como os 3 estados mais urbanizados no Cerrado. No segundo bloco de urbanização estão Mato Grosso (104.124 km<sup>2</sup>), Maranhão (102.124 km<sup>2</sup>), Mato Grosso do Sul (81.391 km<sup>2</sup>), Tocantins (77.698 km<sup>2</sup>), Bahia (52.519 km<sup>2</sup>) e Piauí (46.692 km<sup>2</sup>). O Paraná, com 5.264 km<sup>2</sup>, não possui representatividade no bioma, e por isso apresenta um abaixo valor perante os demais estados. Algo semelhante ocorre com o Distrito Federal, o qual, devido à sua pequena área geográfica, aparece abaixo dos demais territórios, embora esteja com praticamente 90% de sua área urbanizada (67.701 km<sup>2</sup>).



**Figura 4** - Área total com luzes ou áreas urbanas (km<sup>2</sup>) para os estados no Cerrado (correspondente ao somatório das luzes entre 1992 e 2009).

#### 4. Conclusões

Neste estudo analisamos a ocorrência de luzes no bioma Cerrado, captadas pelos satélites da série DMSP (sensor OLS), entre 1992 e 2009, visando uma análise da expansão urbana correspondente ao parâmetro avaliado (i.e., luzes artificiais). Nota-se que, nestas duas décadas, a região como um todo passou por intensa urbanização em seus respectivos estados/capitais, o que de certa forma já era esperado, devido ao intenso processo de conversão antrópica destacado por várias pesquisas (Sano et al., 2010; Silva e Ferreira Jr., 2010; Ferreira et al., 2009). Estudos complementares estão sendo realizados, visando uma análise comparativa com os dados de demografia do IBGE (população urbana residente nos estados/municípios), ampliando as abordagens com os produtos DMSP para a região.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem à equipe do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento/Universidade Federal de Goiás (UFG/LAPIG) pelo apoio na obtenção e processamento dos dados.

#### Referências Bibliográficas

Amaral, S.; Monteiro, A.M.V.; Câmara, G.; Quintanilha, J.A. DMSP/OLS night-time lights imagery and urban population estimates in the Brazilian Amazon. **International Journal of Remote Sensing**, v. 27, n. 5, p. 855-870, 2006.

Cinzano, P.; Falchil, P.F.; Elvidge, C.D. The first World Atlas of the artificial night sky brightness. Disponível em: <[www.lightpollution.it/cinzano/download/0108052.pdf](http://www.lightpollution.it/cinzano/download/0108052.pdf)>. Acesso em: 30 jul. 2010.

Ferreira, M.E.; Miziara, F.; Ferreira Jr., L.G.; Ribeiro, F.L.; Ferreira, N.C. Ativos ambientais do bioma cerrado: uma análise da cobertura vegetal nativa e sua relação com o preço da terra no estado Goiás. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 61, p. 37-50, 2009.

Sano, E.E.; Rosa, R.; Brito, J.L.S.; Ferreira Jr., L.G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 166, p. 113-124, 2010.

Silva, E.B; Ferreira Jr., L.G. Taxas de desmatamentos e produção agropecuária em Goiás - 2003 a 2007. **Mercator**, v. 9, p. 105-120, 2010.

Tomás, L.R. Inferência populacional urbana baseada no volume de edificações residenciais usando imagens IKONOS-II e dados LiDAR. 2010. 108 p. (INPE-16712-TDI/1651). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2010.