

Revista Brasileira de Cartografia (2016), N° 68/5: 911-919  
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto  
ISSN: 1808-0936

## **GERAÇÃO DE CENÁRIOS DE CRESCIMENTO DA MANCHA URBANA DA ÁREA METROPOLITANA DE BRASÍLIA POR MEIO DA SÉRIE HISTÓRICA DMSP-OLS DE DADOS DE LUZ NOTURNA**

*Generation of Scenarios for the Expansion of the Brasília Metropolitan Region by means of Time Series of the DMSP-OLS Nighttime Light Data*

**Gustavo Macedo de Mello Baptista<sup>1</sup> & Maria Elenita Menezes Nascimento<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup>Universidade de Brasília - UnB**

**Instituto de Geociências e Centro de Estudos Avançados Multidisciplinares – IG e CEAM**  
Campus Darcy Ribeiro – Asa Norte – Caixa Postal 4465 – Brasília – DF – 70.910-900, Brasil  
gmbaptista@unb.br

**<sup>2</sup>Universidade de Brasília - UnB**

**Centro de Excelência em Turismo - CET**  
Campus Darcy Ribeiro – Asa Norte – Gleba A – Brasília – DF – 70.910-900, Brasil  
elenita@unb.br

*Recebido em 20 de Abril, 2016/ Aceito em 22 de Junho, 2016*  
*Received on April 20, 2016/ Accepted on June 22, 2016*

### **RESUMO**

A Área Metropolitana de Brasília (AMB) é uma nova forma de compreender a área de influência da Capital Federal, proposta para minimizar sobreposição com a Área Metropolitana de Goiânia. Visando compreender as tendências de crescimento e gerar cenários, o presente estudo baseou-se nos dados DMSP-OLS de luz noturna (NTL). Porém, esses dados tendem a superestimar o cálculo de mancha urbana, devido à sua saturação. O índice espectral VANUI é uma solução para reduzir essa saturação, por meio da utilização de dados NDVI. Utilizaram-se os dados VANUI da AMB para o período de 2000 a 2013 e verificou-se um crescimento da ordem de 277,27% da mancha urbana ao longo do período. Foi possível gerar cinco cenários, a partir do ajuste de função polinomial de quarta ordem, sendo dois caracterizados por tendência de crescimento acelerado, e três, com tendência de declínio e estagnação do crescimento. Novos estudos devem ser incentivados para melhor compreender a potencialidade dos dados NTL na geração de cenários de crescimento.

**Palavras chaves:** NTL, NDVI, VANUI, Geração de Cenários.

### **ABSTRACT**

The metropolitan area of Brasília (AMB) promotes a new way for understanding the area of influence of the Federal Capital, meant to minimize the overlap with the Metropolitan Area of Goiânia. This study uses DMSP-OLS nighttime light data (NTL) in order to understand the growth trends of AMB and generate future scenarios for its expansion. However, these data tend to overestimate the calculation of the urban agglomeration, due to its saturation. The spectral index VANUI is a solution for reducing the saturation by using the NDVI data. We used the VANUI data of AMB for the period ranging from 2000 to 2013 and we reported an increase of approximately 277.27% of this urban area over such period. Five scenarios were generated based on a fourth order polynomial function tuning, two of them characterized

by rapid growth, and three of them associated with growth declining trends and refraining. Further studies should be encouraged to better understand the potential of NTL data for generating growth scenarios.

**Keywords:** NTL, NDVI, VANUI, Scenarios Generation.

## 1. INTRODUÇÃO

O ser humano é o único animal que prolonga seu fotoperíodo, pois desempenha uma série de atividades noturnas. Nos grandes centros urbanos, é cada vez mais comum, pessoas realizando suas atividades cotidianas, como ir a supermercados, frequentar academias de ginástica, entre outras durante o período da madrugada.

Isso gera uma série de distúrbios, tanto para o homem, como para os outros seres vivos que têm alterações artificiais de seus ciclos de atividade e repouso (RICH & LONGCORE, 2006).

Mapear áreas urbanas, utilizando dados de sensoriamento remoto como base, sempre representou um desafio devido à diversidade de materiais empregados nas construções, o que representa grande diversidade de albedo (BAPTISTA, 2010).

Mas, mapeá-las é fundamental, principalmente para se verificar seu crescimento, bem como avaliar os eixos principais e as tendências ao longo do tempo, por meio da construção de cenários (BAPTISTA & RIBEIRO, 2010).

Godet & Durance (2011) salientam que a geração de cenários é uma das estratégias mais promissoras dentro do ramo da ciência chamada prospectiva. Segundo esses autores, a prospectiva permite um olhar sobre o futuro orientado, visando esclarecer e direcionar a ação presente.

Uma solução para minimizar a diversidade de alvos e poder gerar cenários de crescimento pode ser a utilização da iluminação das cidades durante o período da noite.

Para o desenvolvimento do presente estudo, foram utilizados dados da série histórica do Programa de Satélite Meteorológico de Defesa (Defense Meteorological Satellite Program - DMSP) – por meio do Sistema de Varredura Linear Operacional (Operational Linescan System - OLS), destinado a captar luzes noturnas (NightTime Light - NTL). Esses dados são obtidos pelo sensor OLS, que é um

sistema que imageia com baixa intensidade de luz, detectando radiancias abaixo de  $10^{-9}$  W/cm<sup>2</sup>/sr/μm, podendo imagear a face não iluminada do planeta apenas com a luz da Lua. Essa possibilidade é cinco vezes menor que as potencialidades de imageamento do sistema TM5 do Landsat (ELVIDGE *et al.*, 2001).

O OLS, que opera com duas bandas, tanto na faixa do espectro óptico refletido (0,5 a 0,9 μm) como no emitido (10,5 a 12,5 μm), também detecta luzes das ocupações humanas, incêndios, explosões de gás, barcos de pesca intensamente iluminados, raios e a aurora.

Porém, os dados NTL se caracterizam por saturação dos focos de luz, principalmente na banda do termal, ampliando a área realmente ocupada pela mancha urbana. Visando minimizar essa saturação e consequente superestimação da área urbana, Zhang e colaboradores propuseram, em 2013, um índice espectral, denominado Índice Urbano de Luzes Noturnas Ajustado pela Vegetação (*Vegetation Adjusted NTL Urban Index - VANUI*), que se baseia na integração dos dados NTL com os do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (Normalized Difference Vegetation Index - NDVI) (ROUSE *et al.*, 1973). A lógica empregada no desenvolvimento desse índice é bastante interessante, pois, nas imagens de NDVI os valores variam de -1 a 1, sendo valores negativos correspondentes às áreas não fotossinteticamente ativas. Já as positivas correspondem à vegetação que realiza fotossíntese. As áreas urbanas em imagens de baixa resolução não destacam vegetação intraurbana e minimizam a saturação dos dados NTL.

O presente estudo objetivou avaliar o crescimento da mancha urbana na Área Metropolitana de Brasília, no período de 2000 a 2013, bem como propor cenários baseados em tendências observadas ao longo do período.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para realização do presente estudo foi necessária a realização das seguintes etapas

metodológicas: obtenção dos dados NTL e MOD13A3; determinação da média anual do MOD13A3; registro de imagem dos dados NTL; reprojeção dos dados MOD13A3; aplicação do VANUI; fatiamento dos dados VANUI e construção dos cenários.

## 2.1 Dados de Sensoriamento Remoto

A obtenção dos dados NTL foi realizada no website do Centro Nacional de Dados Geofísicos (*National Geophysical Data Center - NGDC*) da Administração Oceânica e Atmosférica Nacional (*National Oceanic Atmospheric Administration - NOAA*). Os dados NTL são distribuídos de forma gratuita e representam uma composição de imagens anual, livres de nuvens, compreendendo uma variação longitudinal de  $-180^\circ$  a  $180^\circ$  e latitudinal de  $-65^\circ$  a  $75^\circ$ . A série temporal disponível é de 1992 a 2013. São disponibilizados em projeção geográfica, com elevações referenciadas para o geóide EGM96 e datum horizontal WGS84. Sua resolução espacial é de 30 arco-segundos, que corresponde a aproximadamente 1 km.

Os dados encontram-se em dois formatos: a média dos dados de luz estável, e essa média multiplicada pelo percentual de frequência de detecção da luz. Esse segundo conjunto de dados apresenta uma normalização dos dados e a minimização das variações de luz, considerado por Zhang e colaboradores (2013) como NTL sem saturação. Esse foi o conjunto escolhido.

Para a utilização do índice VANUI, adotou-se o produto pré-processado TERRA/MODIS MOD13A3, índice de vegetação mensal com 1 km de resolução espacial. Esses dados são disponibilizados em projeção sinusoidal, já corrigidos em relação aos efeitos atmosféricos, com o auxílio dos índices NDVI e do Índice de Vegetação Realçado (*Enhanced Vegetation Index - EVI*) (HUETE *et al.*, 1997) previamente calculados.

As 180 cenas mensais dos dados MOD13A3 foram obtidas por meio do website GLOVIS do USGS e os mesmos obtidos gratuitamente.

O sensor MODIS foi colocado em órbita em 18 de dezembro de 1999, e os dados MOD13A3 mais antigos datam de fevereiro de 2000. Isso limitou a série histórica utilizada para o período de 2000 a 2013.

## 2.2 Pré e Processamento dos Dados de Sensoriamento Remoto

Os dados NTL necessitam de registro imagem a imagem e, para tal, utilizou-se como referência o shapefile do contorno da Área Metropolitana de Brasília - AMB, destacado em branco na Figura 1, para ajustar a imagem de 2000, sendo que todas as demais foram registradas a partir dela. Todo o pré e processamento dos dados foram realizados no ENVI 5.0.

Os dados NTL são anuais, e os de NDVI são mensais. Para os colocar em uma mesma dimensão temporal, foi calculada a média aritmética anual dos dados MOD13A3 por meio do módulo *bandmath* do ENVI, utilizando o mesmo procedimento adotado por Zhang e colaboradores (2013).

Outra necessidade de pré-processamento foi a mudança de sistema de projeção sinusoidal dos dados de NDVI do MOD13A3 para projeção geográfica, e isso foi realizado utilizando-se a ferramenta de conversão de formatos de arquivo e de reprojeção HEGTool sobre as médias anuais de NDVI.

Tanto os dados NTL como os NDVI foram recortados para uma janela de  $218 \times 339$  pixels, compreendendo a AMB.

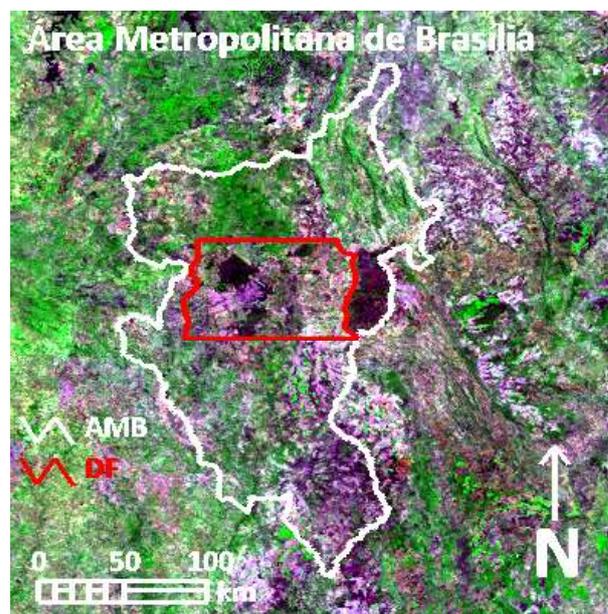


Fig. 1 – Composição Colorida MOD13A3 R(red) G(NIR) B(blue) de agosto de 2000, destacando os polígonos da Área Metropolitana de Brasília (branco) e do Distrito Federal (vermelho).

Após o recorte das cenas, o NTL teve que ser dividido por 63 para que sua escala de valores fosse compatível com a do NDVI. Com isso, os dados NTL passaram a variar de 0 a 1, enquanto que os dados NDVI, de -1 a 1.

O passo seguinte foi aplicar o índice VANUI, apresentado na equação 1, por meio do módulo *bandmath* do ENVI.

$$\text{VANUI} = (1 - \text{NDVI}) * \text{NTL} \quad (\text{Eq.1})$$

Ao considerarem a primeira parte da equação, os autores condicionaram os valores de NDVI para o intervalo entre 0 e 1,0, o mesmo dos dados NTL.

Após a determinação do VANUI, aplicou-se uma máscara para eliminar os valores dos pixels externos à AMB. Os dados passaram por uma classificação unidimensional, por meio de fatiamento, que se baseou no formato do histograma da imagem VANUI, buscando-se o ponto de inflexão, ou o limiar como proposto por Imhoff e colaboradores (1997), destacado na Figura 2.

De posse dos pontos de inflexão para cada ano e, por meio da ferramenta ROI tools, foi possível determinar a área da mancha urbana existente dentro da AMB.

Depois, foram obtidos transectos passando por áreas urbanas e não-urbanas, tanto do NTL como do NDVI e do VANUI, para entender como os mesmos se comportam no espaço para os anos de 2000 e de 2013.

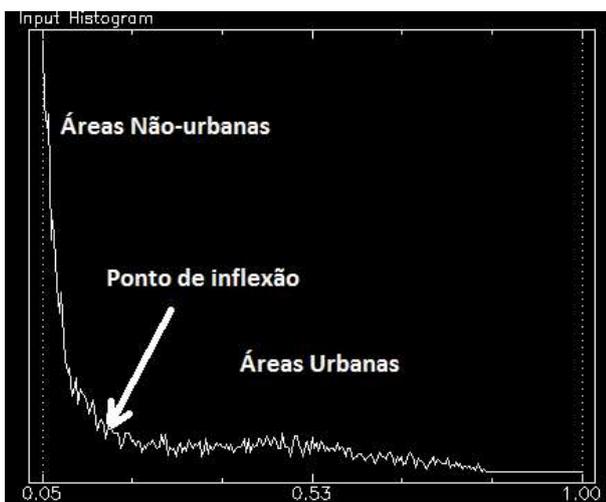


Fig. 2 – Ponto de inflexão separando as áreas não-urbanas das urbanas

### 2.3 Construção de Cenários de Crescimento

Após a determinação da área da mancha urbana obtida ano a ano para a AMB, é possível compreender qual função melhor descreve seu comportamento ao longo do período observado.

Esses valores de área da mancha urbana foram inseridos em uma planilha do Excel, tendo sido ajustados a funções polinomiais de quarta ordem, a fim de se verificar seu comportamento ao longo da série histórica.

Os possíveis cenários de crescimento foram obtidos para o período total, ou seja, observando-se o comportamento do crescimento entre 2000 e 2013.

De posse dessa função polinomial ajustada, foi possível prever a área que cada ano teria até atingir a área total da AMB, no caso de crescimento acelerado, ou então, evoluindo para uma área negativa, quando do declínio e estagnação do crescimento da área da mancha urbana, caso se mantenha a função de crescimento da área da mancha urbana, caso se mantenha a função de crescimento observada no período analisado.

Além do período total observado, foram destacados períodos menores, que tiveram comportamentos distintos da série temporal completa, e verificou-se o crescimento no período de 2000 a 2004, de 2005 a 2010, e após 2010. Além desses períodos, verificou-se também o comportamento da série histórica completa sem o ano de 2003, que apresentou cobertura de nuvens.

Para cada um desses períodos, novas funções foram ajustadas e novas áreas foram previstas até atingirem a área total da AMB, ou então, entrarem em declínio e estagnação de crescimento.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados NTL realmente saturam as áreas urbanas, o que faz com que o contorno da mancha urbana seja superestimado, como pode ser verificado na Figura 3, se comparado aos dados de NDVI, nos quais a área urbana aparece com a cor preta.

Imhoff e colaboradores (1997) salientam que essa saturação é devido ao fato de que cada pixel representa o percentual de iluminação acumulada ao longo de centenas de noites.

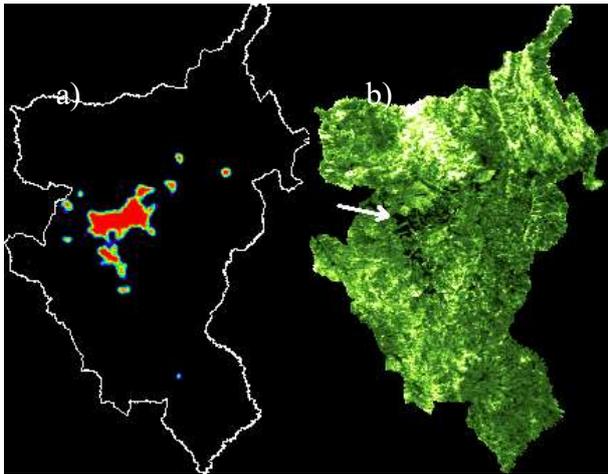


Fig. 3 – a) Imagem NTL destacando a mancha urbana; b) imagem NDVI com a área da mancha urbana em preto (destacada com seta branca), ambas de 2000.

Outra possibilidade para essa saturação é a junção da mancha urbana com áreas não-urbanas iluminadas à noite, tais como campos agrícolas e embarcações de pesca ou em áreas de elevado consumo de energia (ZHANG *et al.*, 2013).

Mas, mesmo com saturação, os dados NTL se relacionam muito bem com os de crescimento do produto interno bruto (FORBES, 2013) e com os de densidade de população (ZHANG & SETO, 2011). Isso pode ser verificado quando comparadas as imagens NTL de 2000 e de 2013, apresentadas na Figura 4.

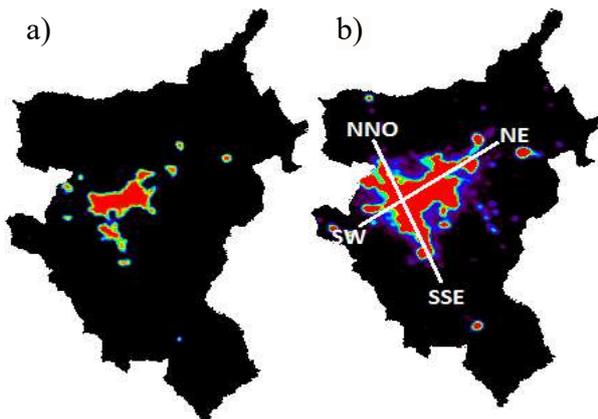


Fig. 4 – a) NTL de 2000, b) NTL de 2013.

Ao se analisarem os eixos de crescimento verificados ao longo do período analisado, nota-se que o crescimento da mancha urbana na AMB varia em torno de Brasília e que existem dois eixos preferenciais, sendo um no sentido NE-SW, e outro, NNO-SSE (Figura 4b).

Os dados VANUI (Figura 5) apresentam

as áreas urbanas menos saturadas devido à minimização proporcionada pelo NDVI. Com isso, é possível mensurar a área ocupada pela mancha urbana e perceber que os eixos continuam os mesmos, conforme verificado na Figura 4.

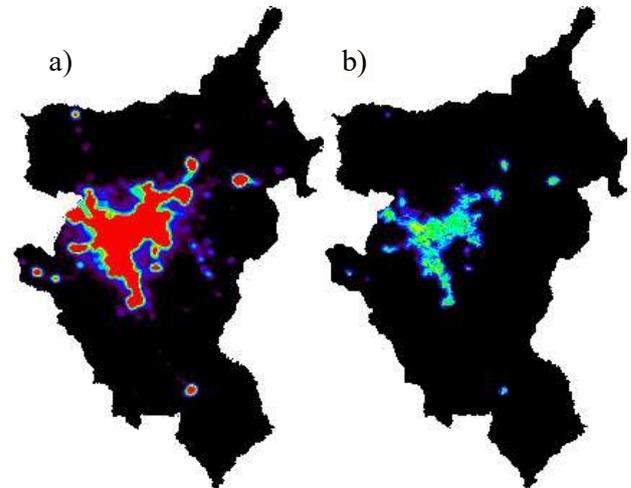


Fig. 5 – a) NTL de 2013, b) VANUI de 2013.

Resultado similar pode ser encontrado em Zhang e colaboradores (2013) para diversas áreas metropolitanas no mundo. A Figura 6 apresenta a evolução temporal da mancha urbana na Área Metropolitana de Brasília.

A imagem VANUI de 2003 apresentou nuvens na porção nordeste da AMB, próxima a cidade de Formosa, o que acabou mascarando um pouco a mancha urbana, e isso se refletiu na determinação de sua área. Normalmente, os histogramas de VANUI variam de 0 a 1, mas, na imagem de 2003, esses valores foram superiores a 2,5, indicando a presença de nuvens advindas dos dados MOD13A3.

Para analisar como se comportam os índices ao longo de um transecto, o mesmo foi traçado, tanto para o ano de 2000 como para o de 2013, partindo de uma área que apresentou um crescimento muito acelerado no período, a cidade de Águas Lindas de Goiás, em direção ao Plano Piloto de Brasília, passando por seu centro financeiro (Central Business District - CBD) (Figura 7).

Ao se analisarem os dados do transecto, pode-se verificar que, mesmo utilizando-se os dados NTL sem saturação, nas áreas densamente ocupadas, os valores NTL correspondem a 1. Isso faz com que muitas áreas de valor 1, ao serem normalizadas pelo NDVI, apresentem nuances de áreas não tão densamente ocupadas, discretizadas no VANUI.

## VANUI Área Metropolitana de Brasília

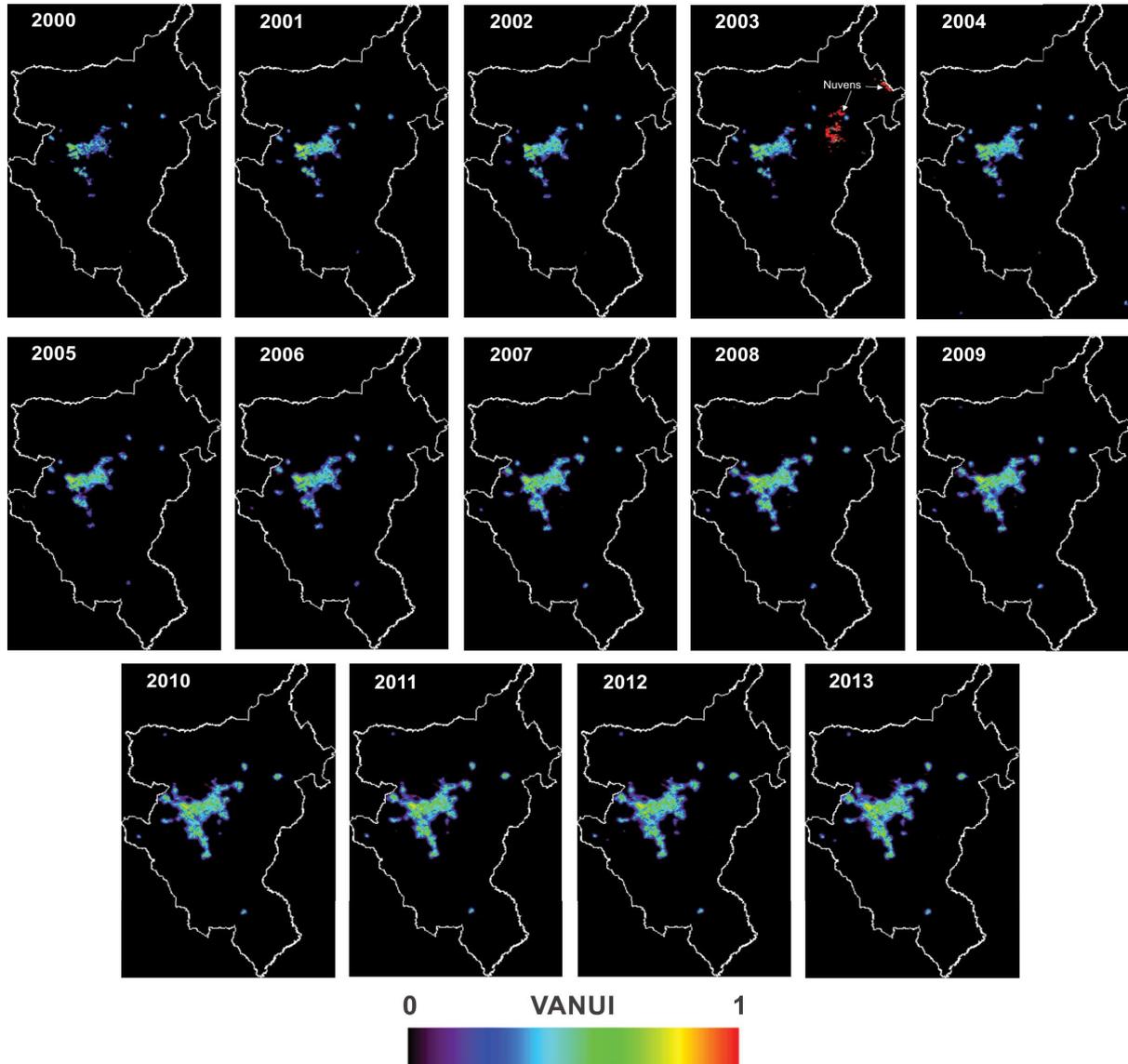


Fig. 6 – Variação temporal da mancha urbana na Área Metropolitana de Brasília, por meio do índice VANUI.

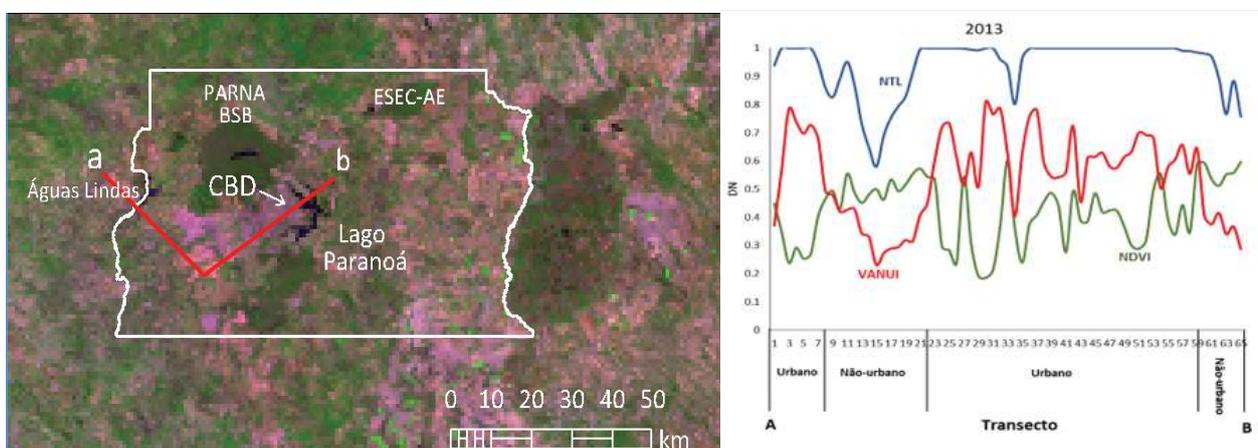


Fig. 7 – Transecto adotado para verificação do comportamento espacial dos índices espectrais investigados

Na porção inicial do transecto, onde se localiza Águas Lindas, nota-se que o NTL é alto e o NDVI é baixo, ou seja, em áreas urbanas, em dados de baixa resolução, a vegetação intraurbana interfere muito pouco e a saturação da luz noturna pode ser minimizada.

Já nas áreas que apresentam NTL mais baixo, encontram-se valores de NDVI mais elevado, e essas áreas são consideradas não-urbanas.

De posse dos valores de limiar obtidos a partir dos pontos de inflexão (Figura 2) para cada data, foi possível determinar a área total da mancha urbana observada no período investigado na AMB (Tabela 1). No período de 2000 a 2013, a mancha urbana teve incremento de 277,27%.

Tabela 1: Área total da mancha urbana da AMB

Ano	VANUI (km <sup>2</sup> )
2000	959,25
2001	1093,35
2002	1188,78
2003	1034,12*
2004	1282,57
2005	1318,77
2006	1552,41
2007	1758,91
2008	1949,77
2009	2037,80
2010	2311,75
2011	2456,55
2012	2646,59
2013	2659,75

\*presença de nuvens.

Para a verificação dos cenários de crescimento da mancha urbana na AMB, utilizaram-se as áreas obtidas e descritas na Tabela 1 e ajustou-se uma função polinomial de quarta ordem para descrever a tendência observada no período de 2000 a 2013 (Figura 8).

A função ajustada para o período apresentou elevado coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,9906$ ) e foi utilizada para a construção do primeiro cenário.

Como a área total da AMB é de 30.098 km<sup>2</sup>, esse é o limiar máximo de área a ser atingida.

Utilizando-se o polinômio encontrado,

projetou-se um cenário para os próximos anos com base na tendência reportada e supondo-se a manutenção do crescimento observado em todo o período a partir dos dados VANUI (Figura 9).



Fig. 8 – Crescimento observado em todo o período.



Fig. 9 – Cenário I, baseado no crescimento observado em todo o período.

Aplicando-se a função obtida para todos os anos e extrapolando-se a série temporal observada, chegou-se a um cenário de declínio do crescimento a partir de 2013.

Observando-se a função ajustada para todo o período, nota-se que o período de 2000 a 2004 apresenta tendência de crescimento, apesar de os dados de 2003 apresentarem nuvens e subestimação de área de mancha urbana. Ao se analisar esse período de tendência de crescimento, ajustou-se o segundo cenário (Figura 10).

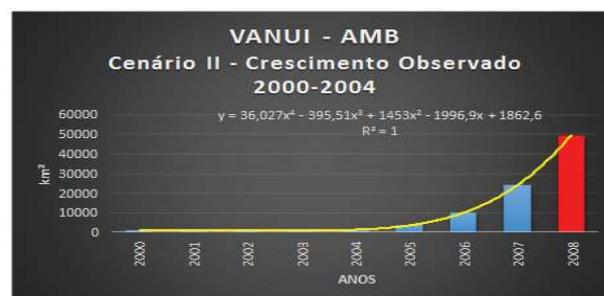


Fig. 10 – Cenário II, baseado no crescimento observado no período de 2000 a 2004.

Como foi observado na análise de todo o período, de 2000 a 2004 realmente se observou tendência de crescimento e, caso fosse mantido esse ritmo de crescimento entre os anos de 2007 e 2008, toda a área da AMB estaria ocupada por mancha urbana, respeitando-se os limitadores naturais e legais.

Essa tendência observada e determinada no Cenário II (Figura 10) foi muito estimulada ainda pelo crescimento de Águas Lindas de Goiás que, segundo Baptista & Ribeiro (2010), apresentava nesse período tendência de crescimento exponencial. Além de Águas Lindas, Santo Antônio do Descoberto apresentou ritmo acelerado no mesmo período.

O período seguinte observado na Figura 8, de 2005 a 2010, apresentou-se também com crescimento acelerado, porém não tão intenso como o observado entre 2000 e 2004. Utilizou-se esse comportamento para ajustar o terceiro cenário (Figura 11).

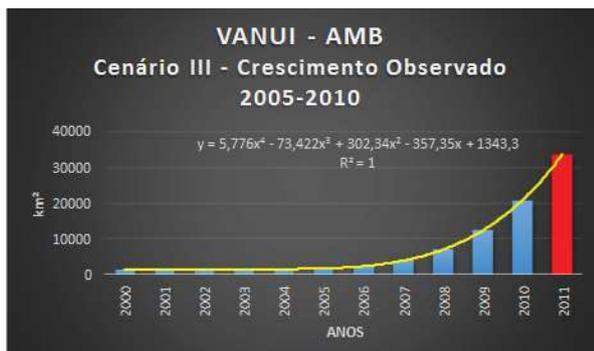


Fig. 11 – Cenário III, baseado no crescimento observado no período de 2005 a 2010.

A percepção de que o período de 2005 a 2010 não foi tão intenso foi verificada ao se projetar o cenário futuro III, quando se observa que entre 2010 e 2011 chegar-se-ia à totalidade da área da AMB. Essa tendência de redução de crescimento também foi influenciada pela redução do crescimento de Águas Lindas (BAPTISTA & RIBEIRO, 2010) e de Santo Antônio do Descoberto.

Segundo esses autores, a redução de crescimento da mancha urbana observada em Águas Lindas de Goiás se deveu a condicionantes naturais, a legislações de ordenamento do uso do solo, bem como a ações do poder público, apresentando-se uma tendência de estagnação a

partir de 2010 (BAPTISTA & RIBEIRO, 2010).

Para verificar se essa estagnação observada por Baptista & Ribeiro (2010) se aplicava a toda AMB, foi ajustada uma função baseada no período de 2010 a 2013, proporcionando a construção do quarto cenário (Figura 12).

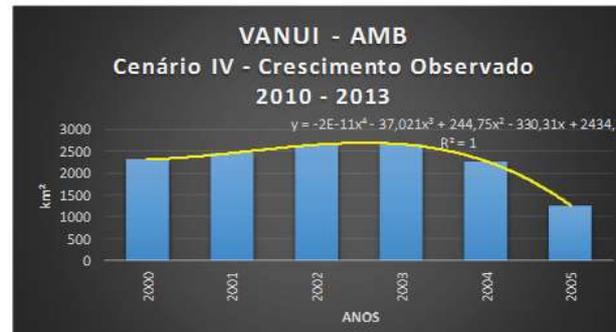


Fig. 12 – Cenário IV, baseado no crescimento observado no período de 2010 a 2013.

Como observado em Águas Lindas, a AMB também apresenta tendência de declínio no crescimento de sua mancha urbana se adotado o período após 2010. Isso não significa que o crescimento populacional tenha se estagnado, até porque pode-se dar a verticalização da ocupação do espaço urbano.

O cenário IV mostra que, se o crescimento fosse baseado no polinômio ajustado a partir de 2010 e fosse aplicado a todos os anos do período, a estagnação do crescimento ocorreria após o ano de 2002.

Finalmente, foi gerado o quinto e último cenário futuro, tentando compreender o comportamento de crescimento da mancha urbana, desprezando-se o ano de 2003, visto que apresentou nuvens, o que foi comprovado pela média aritmética do NDVI (Figura 13).

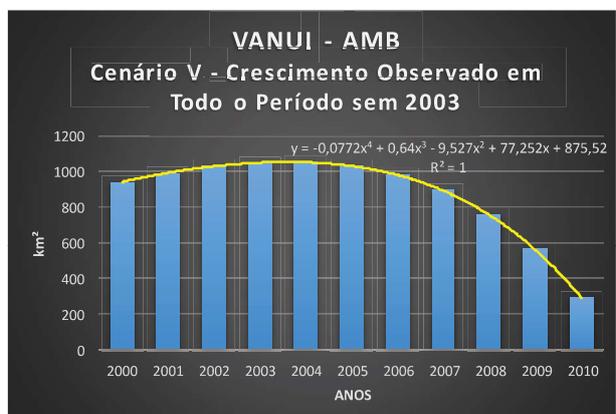


Fig. 13 – Cenário V baseado no crescimento observado em todo o período, sem o ano de 2003.

Sem levar em consideração possíveis interferências que a presença de nuvens possa ter gerado, o cenário V apresenta tendência de declínio como o observado no primeiro cenário, obtido a partir de todos os anos da série histórica, porém mais acelerado, pois no primeiro cenário a área estimada foi até 2018, nesse cenário a área predita até 2010.

### 3. CONCLUSÃO

O presente estudo mostrou ser possível utilizar dados DMSP-OLS de luz noturna para determinar o crescimento da mancha urbana, desde que a saturação dos mesmos seja minimizada pelo NDVI.

Apesar da necessidade de georreferenciamento e registro, os dados apresentam boa confiabilidade para a separação do que é urbano em relação aos demais alvos, superando o problema de diversidade de albedos intraurbanos.

A Área Metropolitana de Brasília apresentou crescimento de 277,27% ao longo do período observado entre 2000 e 2013.

Dos cinco cenários futuros gerados a partir dos dados de área, dois apresentaram tendência de crescimento acelerado e três apresentaram declínio de crescimento e estagnação. A tendência geral observada em todo o período analisado é de estagnação.

Salienta-se, porém, que todos os cenários são plausíveis, em vista da tendência observada no período investigado.

Novos estudos explorando a potencialidade dos dados NTL, bem como da aplicação do índice VANUI para a geração de cenários de crescimento da mancha urbana devem ser incentivados.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAPTISTA, G. M. M. Ilhas Urbanas de Calor. **Scientific American Brasil: Aula Aberta** 7, v. 2, p. 24-31, 2010.

BAPTISTA, G. M. M. & RIBEIRO, R. J. C. Variação Temporal e Tendência de Crescimento da Mancha Urbana de Águas Lindas de Goiás, por Meio de Sensoriamento Remoto. Seminário Nacional Governança Urbana e

Desenvolvimento Metropolitano, Natal. **Anais**, v. 1. p. 1-19, 2010.

ELVIDGE, C. D., IMHOFF, M. L., BAUGH, K. E., HOBSON, V. R., NELSON, I., SAFRAN, J., DIETZ, J. B., Tuttle, B. T. Nighttime lights of the world: 1994-1995. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, 56, p. 81-99, 2001.

FORBES, D. J. Multi-scale analysis of the relationship between economic statistics and DMSP-OLS night light images. **GIScience & Remote Sensing**, 50:5, p. 483-499, 2013. <http://dx.doi.org/10.1080/15481603.2013.823732>

GODET, M. & DURANCE, P. **A Prospectiva Estratégica para as Empresas e Territórios**. Dunod/UNESCO, 180p, 2011.

HUETE, A.R.; LIU, H.Q.; BATCHILY, K.; VAN LEEUWEN, W. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v. 59, n. 3, p. 440-451, 1997.

IMHOFF, M. L., LAWRENCE, W. T., STUTZER, D. C., ELVIDGE, C. D. (1997). A technique for using composite DMSP/OLS 'city lights' satellite data to map urban area. **Remote Sensing of Environment**, 61(3), p. 361-370. 1997. [http://dx.doi.org/10.1016/s0034-4257\(97\)00046-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0034-4257(97)00046-1)

RICH, C. & LONGCORE, T. **Ecological Consequences of Artificial Night Lighting**. Island Press, Washington, 459p, 2006.

ROUSE, J. W.; HAAS, R.H., SCHELL, J.A.; DEERING, D.W., "Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS". In: Proceeding of ERTS-1 Symposium. **Anais**, p. 309-317, 1973.

ZHANG, Q., SCHAAF, C., SETO, K. C. The Vegetation Adjusted NTL Urban Index: A new approach to reduce saturation and increase variation in nighttime luminosity. **Remote Sensing of Environment** 129, p. 32-41, 2013.

ZHANG, Q. & SETO, K. C. Mapping urbanization dynamics at regional and global scales using multi-temporal DMSP/OLS nighttime light data. **Remote Sensing of Environment**, 115, p. 2320-2329, 2011.