



Universidade de Brasília



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CONSÓRCIO IG, IQ, IB, FACE/ECO E CDS
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

GUILHERME AUGUSTO CRUZ GOMES DE SÁ

MAPEAMENTO DA RESERVA DA BIOSFERA DA AMAZÔNIA CENTRAL
POR MEIO DO ÍNDICE VANUI

Brasília-DF 2017



Universidade de Brasília



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CONSÓRCIO IG, IQ, IB, FACE/ECO E CDS
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

GUILHERME AUGUSTO CRUZ GOMES DE SÁ

MAPEAMENTO DA RESERVA DA BIOSFERA DA AMAZÔNIA CENTRAL
POR MEIO DO ÍNDICE VANUI

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Ambientais da Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, como requisito necessário à obtenção do grau de Bacharelado em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Macedo de Mello
Baptista

Brasília-DF 2017



Este trabalho eu dedico a Deus, pois sem ele jamais teria conseguido chegar até aqui, aos meus pais pelo apoio e incentivo, aos meus irmãos, aos meus tios e tias, aos meus amigos, a minha namorada, ao meu orientador e a todos que acreditaram em mim e me encorajaram nessa grade jornada.



“Na vida não vale tanto o que temos e nem tanto importa o que somos, vale o que realizamos com aquilo que possuímos e acima de tudo, importa o que fazemos de nós”.

(Emmanuel, psicografado por Chico Xavier).



Universidade de Brasília



RESUMO

A crescente preocupação com a preservação da biodiversidade do planeta Terra vem trazendo à tona cada vez mais a discussão sobre a criação e utilização de áreas protegidas ao longo do globo. Existem 669 reservas de biosfera em 120 países, incluindo 16 sítios transfronteiriços, sendo a Reserva da Biosfera da Amazônia Central (REBAC) uma delas. A REBAC, apresentada em 2001, está localizada na área do Projeto Corredor Ecológico Central da Amazônia, no Estado do Amazonas, com área de 208.600 km². Seu principal objetivo é a conservação de porções estratégicas de cobertura florestal, de imensa biodiversidade e apresenta relevante importância por contribuir para a conservação da biodiversidade, por fomentar o desenvolvimento econômico e sustentável da região e por criar condições logísticas para a produção de conhecimento científico e incentivo à educação ambiental. E por esse mesmo motivo, tem causado preocupações com relação à sua preservação. Sabe-se que, a presença antrópica provoca alterações nesse ambiente e por isso é preciso que haja controle. Pensando nisso, este trabalho objetivou em avaliar a expansão da mancha urbana ano a ano na reserva da biosfera da Amazônia Central no período de 2000 a 2013. A análise foi realizada por meio da ferramenta do sensoriamento remoto utilizando os dados NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) do sensor MODIS e os dados do *Defense Meteorological Satellite Program/Operational Linescan System* (DMSP/OLS) de luz noturna (*Night Time Light* ou NTL). Para reduzir a saturação dos focos de luz das imagens NTL foi utilizado o índice VANUI (*Vegetation Adjusted NTL Urban Index*). O pré e processamento das imagens, bem como seus cálculos matemáticos foram realizados no programa ENVI 5.1. Pela presença da luz noturna dentro da REBAC, no período de 2000 a 2013, verificou-se um crescimento de 170% da mancha urbana com a consequente redução da área florestal naquela região. O trabalho demonstrou também que é possível a utilização dos dados VANUI para caracterizar as áreas de ocupações humanas na Reserva da Biosfera da Amazônia Central, possibilitando ainda o cálculo de sua área e evolução ao longo do tempo. Porém, novos estudos da área devem ser feitos afim de explorar e aprimorar a tecnologia de sensoriamento remoto para avaliação da ocupação antrópica e o possível relacionamento com o desmatamento na REBAC.

PALAVRAS-CHAVE: NTL, NDVI, VANUI



ABSTRACT

The growing concern with the preservation of the biodiversity of the planet Earth has been bringing to the fore each time more the discussion about the creation and use of protected areas throughout the globe. There are 669 biosphere reserves in 120 countries, including 16 sites in cross-border, and the Biosphere Reserve of the Central Amazon (REBAC) of them. The REBAC, presented in 2001, is located in the area of the Ecological Corridor Project, Central Amazon one of them. The REBAC, presented in 2001, is located in the area of the Ecological Corridor Project, Central Amazon, in the State of Amazonas, with an area of 208.600 km². Its main purpose is the conservation of strategic portions of forest cover, of immense biodiversity and presents relevant importance to contribute to the conservation of biodiversity, by promoting economic development and sustainable development of the region and to create logistics conditions for the production of scientific knowledge and the promotion of environmental education. And for this same reason, has caused concerns with regard to its preservation. It is known that the anthropogenic presence causes changes in the environment, and for this reason is necessary control of that. Thinking about it, this work aimed at evaluate the expansion of urban spot from year to year in the biosphere reserve of the Central Amazon, in the period from 2000 to 2013. The analysis was conducted through the tool of remote sensing. We used data NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) from MODIS sensor and the data from the *Defense Meteorological Satellite Program/Operational Linescan System* (DMSP/OLS) of night light (*Night Time Light* or NTL). To reduce the saturation of outbreaks of light of the images NTL we used the index VANUI (*Vegetation Adjusted NTL Urban Index*). The pre and processing of images, as well as their mathematical calculations were performed in the program ENVI 5.1. The presence of a night light in the REBAC, in the period from 2000 to 2013, there has been a growth of 170% of urban spot with a consequent reduction of forest area in the region. The study also showed that it is possible to use the data x VANUI to characterize the areas of human occupations in the Biosphere Reserve in the Central Amazon, enabling even the calculation of your area and evolution over time. However, further studies of the area should be made in order to explore and enhance the technology of remote sensing for the assessment of human occupation and the possible relationship with deforestation in the REBAC.

KEYWORDS: NTL, NDVI, VANUI



SUMÁRIO

**CAPÍTULO 1 - ARTIGO SUBMETIDO AO “IX SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO
E V SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA”, DECLARAÇÃO
DE ACEITE E CERTIFICADO DE PARTICIPAÇÃO 9**

CAPÍTULO 2 – “DETALHAMENTO DA ELABORAÇÃO DO ARTIGO”. 28



Universidade de Brasília

CAPÍTULO 1 - Artigo submetido ao “IX SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO E V SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA”, DECLARAÇÃO DE ACEITE E CERTIFICADO DE PARTICIPAÇÃO



Universidade de Brasília

IX
Seminário
Latino
Americano



V
Seminário
Ibero
Americano

de
Geografia Física

A GEOGRAFIA FÍSICA E A GESTÃO DE TERRITÓRIOS RESILIENTES E SUSTENTÁVEIS

Atas do IX Seminário Latinoamericano e
V Seminário Ibero-americano de Geografia Física

COORDENADORES

António Vieira
António Bento Gonçalves
Francisco Costa
Lúcio Cunha
Adriano Lima Troleis

GUIMARÃES, 2016



A GEOGRAFIA FÍSICA E A GESTÃO DE TERRITÓRIOS
RESILIENTES E SUSTENTÁVEIS

Atas do IX Seminário Latino-americano e
V Seminário Ibero-americano de Geografia Física

Guimarães, 2016



IX SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO E V SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA

TÍTULO: A GEOGRAFIA FÍSICA E A GESTÃO DE TERRITÓRIOS RESILIENTES E SUSTENTÁVEIS

COORDENADORES: António Vieira, António Bento Gonçalves, Francisco Costa, Lúcio Cunha, Adriano Lima Troleis

EDITOR: Universidade do Minho. UMDGEO - Departamento de Geografia

ISBN: 978-989-98857-1-4

ANO DE EDIÇÃO: 2016

INSTITUIÇÕES ORGANIZADORAS:



Universidade do Minho

Comitê Latino-Americano
de Geografia Física



COMISSÃO ORGANIZADORA:

António Vieira (UMinho)
António Bento-Gonçalves (UMinho)
Francisco Costa (UMinho)
Lúcio Cunha (UC)
Adriano Lima Troleis (UFRGN)

COMISSÃO CIENTÍFICA

Lúcio Cunha – UC/Portugal (Presidente)
Adriano Severo Figueiró – UFSM/Brasil
Adriano Lima Troleis - UFRN/Brasil
Álvaro Gonzales Gervásio - UM/Uruguai
Anne Catherine Chardon – UNAL/Colombia
António Bento-Gonçalves - UMINHO/Portugal
António Campar de Almeida - UC/Portugal
António Vieira – UMINHO/Portugal
Carmen Ferreira - UP/Portugal
Edson Vicente da Silva – UFC/Brasil
Eliane Foletto – UFSM/Brasil
Elizabeth Mazzoni – UNPA/Argentina
Enrique La Marca - UA/Venezuela
Francisco Costa - UMINHO/Portugal
Francisco Mendonça – UFPR/Brasil
Gilles Arnaud-Fassetta – UP7/França
Gustavo Mello Baptista - UnB/Brasil
Hugo Romero Aravena – UC/Chile
João Cabral - UFG/Brasil
José Luis Zézere – IGOT/Portugal
Jose Manuel Mateo Rodriguez – UH/Cuba
Katy Montiel – UZ/Venezuela
Luis Alberto Basso - UFRGS/Brasil
Luis Galiana – UAM/Espanha
Márcia Pimentel – UFPA/Brasil
Maria José Roxo - UNL/Portugal
Maria Ligia Cassol Pinto - UEPG/Brasil
Maria Manuela Laranjeira - UMINHO/Portugal
Messias Modesto Passos – UEM/Brasil
Montserrat Salvà-Catarineu - UB/Espanha
Selma Simões de Castro – UFG/Brasil
Silvio Carlos Rodrigues - UFU/Brasil
Teresa Pinto Correia - UE/Portugal
Tereza Reyna Trujillo – UNAM/México
Valdir Adilson Steinke - UnB/Brasil
Virginia Teles - UMINHO/Portugal
Xavier Úbeda - UBarcelona/Espanha

SECRETARIADO

GeoPlanUM



APOIOS:



CÂMARA
MUNICIPAL DE
GUIMARÃES



TRANSPORTES
URBANOS DE BRAGA



TAP PORTUGAL

de braços abertos
with arms wide open

A STAR ALLIANCE MEMBER 



Universidade do Minho
Departamento de Geografia



CÁLCULO DO DESMATAMENTO NA RESERVA DA BIOSFERA DA AMAZÔNIA CENTRAL POR MEIO DA SÉRIE HISTÓRICA DMSP-OLS DE DADOS DE LUZ NOTURNA

G. A. C. Gomes Sá^(a), W. F. Lago^(b), M. O. Terra^(c), G. M. de M. Baptista^(d)

^(a) Instituto de Geociências/UnB
paredebsb@gmail.com

^(b) Instituto de Biologia/UnB
wesky20@hotmail.com

^(c) Instituto de Geociências da UNB
marcolterra@gmail.com

^(d) Instituto de Geociências da UnB
gmbaptista@unb.br

Resumo

A Reserva da Biosfera da Amazônia Central (REBAC) constitui uma importante área de preservação ambiental do bioma florestal Amazônico e compreender como sua área vem sendo afetada se mostra importante para sua conservação. Visando quantificar a evolução deste desmatamento o estudo se utiliza dos dados DMSP-OLS de luz noturna (NTL) juntamente com as cenas do Sensor MODIS em sua Banda NDVI. Porém, esses dados tendem a superestimar o cálculo de mancha urbana, devido à sua saturação tendo sido utilizado o índice espectral VANUI como uma solução para reduzir essa saturação. Utilizou-se os dados VANUI da REBAC para o período de 2000 a 2013 e verificou-se um crescimento da ordem de 119,52% da mancha urbana representada pela presença da luz noturna dentro da região. Novos estudos devem ser incentivados para melhor compreender a potencialidade da utilização dos dados NTL para o cálculo de áreas de ocupação humana na Amazônia.

Palavras chave: RBAC, NTL, NDVI, VANUI

1. Introdução

A Amazônia é o maior bioma de floresta tropical do mundo, contém quase 50% da biodiversidade conhecida do planeta e o maior manancial de água doce, que corresponde aproximadamente a um quinto das reservas mundiais. A Amazônia legal passa pelos territórios do Acre, Amapá, Amazonas, Pará e Roraima, e parte do território do Maranhão, Mato Grosso, Rondônia e Tocantins. (VASCONCELOS, 2015). Apesar da grande importância desse bioma, ele vem enfrentando grandes problemas causados pela ação antrópica.

Segundo Ferreira e colaboradores (2005), o modelo da ocupação demográfica da Amazônia legal nos últimos cinquenta anos tem levado a níveis significativos de desmatamento, resultante de múltiplos fatores, tais como a abertura de estradas pioneiras, o crescimento das cidades, a ampliação da pecuária extensiva, a acelerada exploração madeireira e a crescente agricultura intensiva de monoculturas. O Instituto Brasileiro de Florestas (IBF) acrescenta ainda as queimadas, a grimpagem e a biopirataria como sendo graves problemas enfrentados pelo bioma



amazônico. O conjunto formado por essas ações devastadoras é responsável por graves mudanças climáticas em todo o planeta, como o aquecimento global.

A área cumulativa desmatada na Amazônia legal brasileira chegou a cerca de 653.000 km² em 2003, correspondendo a 16,3% da região. De 2005 a 2012, houve uma forte retração, chegando a 4.571 km² no ano de 2012. Apesar da redução das áreas desmatadas nos últimos anos, o desmatamento continua expressivo e pode voltar a crescer (FERREIRA, VENTICINQUE e ALMEIDA, 2005; VASCONCELOS, 2015).

O Projeto de Estimativa de Desflorestamento da Amazônia (PRODES) do INPE, entende que o desmatamento é um processo que se inicia com a floresta amazônica intacta e termina com a conversão completa da floresta original em outras coberturas, o que se torna bastante preocupante, uma vez que a originalidade da floresta é perdida e conseqüentemente a biodiversidade (INPE, 2014).

A criação de Unidades de Proteção Integral visa conservar a biodiversidade local e inclui as categorias de Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre. Outras categorias de áreas institucionais na Amazônia legal são as Terras Indígenas, sob jurisdição do governo federal, por meio da Fundação Nacional do Índio (Funai) (FERREIRA, VENTICINQUE e ALMEIDA, 2005).

A Reserva da Biosfera da Amazônia Central (REBAC) está localizada na área do Projeto Corredor Ecológico Central da Amazônia, no interior do Estado do Amazonas. A Reserva tem por elemento estrutural de seus territórios o conjunto de Áreas Protegidas contínuas, formado pelo Parque Nacional do Jaú, pela Estação Ecológica de Anavilhanas, pelas Reservas Ecológicas do Rio Negro, Javari-Solimões e de Juami-Japurá, pela Reserva Biológica de Uatumã, pela Floresta Nacional de Tefé e pelas Reservas de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá e Amanã, entre outras de menor extensão territorial. Ela foi aprovada em setembro de 2001. Seu principal objetivo é o da conservação dessas porções estratégicas de cobertura florestal de imensa biodiversidade (MaB/UNESCO, 2001).

Apesar da criação de unidades de preservação, fiscalização por órgãos especializados, como o IBAMA, e de monitoramento via satélite, o intenso desmatamento vem ocorrendo aceleradamente e muitas vezes de forma imperceptível para os sistemas de monitoramento via satélite. Há a necessidade, portanto, de sensores de resolução mais detalhadas para capturar pequenas áreas devastadas.

Com o lançamento dos satélites Terra (Dezembro/1999) e Aqua (maio/2002), ambos portando o sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), passa a ser disponibilizada uma nova perspectiva, com resoluções espaciais de 25m / 50m / 100m e repetitividade temporal quase diária para praticamente toda a superfície terrestre (CORREIA, et. al, 2006).



Outra ferramenta que fornece imagens importantes para análises é o sistema sensor DMSP/OLS (Defense Meteorological Satellite Program's Operational Linescan System) que foi originalmente planejado pela Força Aérea Americana para observação noturna da cobertura de nuvens e previsão meteorológica. Porém, imagens noturnas do sistema DMSP/OLS possibilitam uma visão interessante da configuração de ocupação humana no espaço, através da associação com luzes (Kampel, 2003).

Para o estudo em vista, foi utilizado os dados NDVI do sensor MODIS e os dados do Defense Meteorological Satellite Programa/Operational Linescan System (DMSP/OLS) de luz noturna (NTL). Segundo Baptista (2015), os dados NTL se caracterizam por saturação dos focos de luz, principalmente na banda termal, ampliando a área realmente ocupada pela mancha urbana. Para reduzir a saturação dos focos de luz foi utilizado o índice VANUI (*Vegetation Adjusted NTL Urban Index*), que se utiliza de uma composição dos dados NDVI com o NTL para a redução dessa saturação.

O presente estudo objetivou avaliar a evolução das manchas urbanas na Reserva da Biosfera da Amazônia Central, Brasil, utilizando-se de dados dos sensores acima citados, para calcular a variação da quantidade de luz noturna (mancha urbana) na Reserva, no período de 2000 a 2013.

2. Materiais e métodos

2.1. Dados de Sensoriamento Remoto

A obtenção dos dados NTL foi realizada no website do National Geophysical Data Center do NOAA (National Oceanic Atmospheric Administration). Os dados NTL são distribuídos de forma gratuita e representam uma composição de imagens anual, livres de nuvens, compreendendo uma variação longitudinal de -180° a 180° e latitudinal de -65° a 75°. A série temporal disponível é de 1992 a 2013. São disponibilizados em projeção geográfica, com elevações referenciadas para o geóide WGS84 EGM96 e datum horizontal WGS84. Sua resolução espacial é de 30 arcos segundo, que corresponde a aproximadamente 1 km.

Para a utilização do índice VANUI adotou-se também 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 para os efeitos atmosféricos, com os índices NDVI e EVI (Enhanced Vegetation Index – HUETE et al., 1997) previamente calculados.

Foram utilizadas no total 334 cenas mensais dos dados MOD13A3, referentes as bandas H11V09 e H12V09, as quais foram obtidas por meio do website GLOVIS do USGS 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 fevereiro 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 Reserva da Biosfera da Amazônia Central. Todo o pré e processamento dos dados foram realizados no ENVI 5.3.

Os dados NTL são anuais e os de NDVI são mensais. Para os colocar numa 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 Baptista (2015) e 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 para isso foi utilizado a ferramenta Georeferenced no Mosaicking do ENVI. Tanto os dados NTL como os NDVI foram recortados para uma janela de 1130x582, compreendendo a REBAC.

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, onde os dados NDVI acima de 0 representam a atividade fotossintética.

O passo seguinte foi aplicar o índice VANUI, apresentado na equação 1, por meio do módulo Bandmath do ENVI:

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

A aplicação do índice VANUI tem como objetivo a redução dos efeitos de saturação que apresentam os dados NTL.

Após a determinação do VANUI, aplicou-se uma máscara para eliminar os valores dos pixels externos à REBAC e aplicou-se a ferramenta Density Slice para ressaltar as áreas de maior incidência de luz (mancha urbana) utilizando os parâmetros descritos na figura 1.

Como resultado chegou-se a uma imagem, como a mostrada na figura 2, a qual será utilizada para o cálculo ano a ano (2000-2013) da área de mancha urbana em km² dentro da REBAC. As manchas coloridas representam os pontos de maior concentração de luz e será a área a ser calculada para se estimar o tamanho das manchas urbanas.

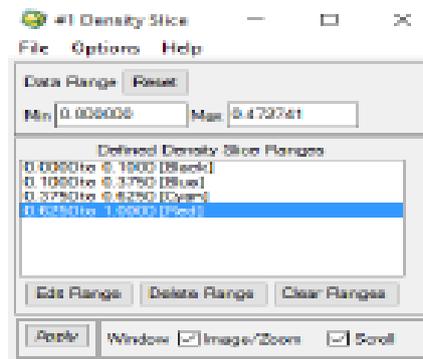


Figura 1 - Parâmetros Density Slice

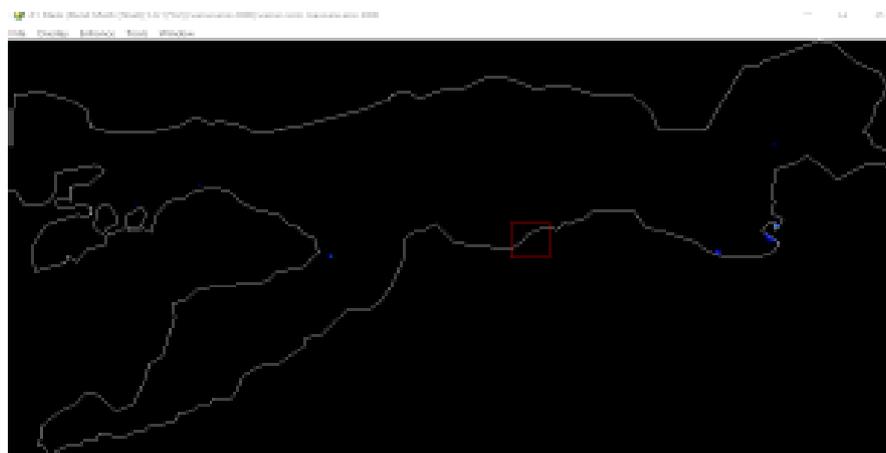


Figura 2 – Imagem VANUI com a máscara para a REBAC para o ano 2000.

O método acima explicado pode ser resumido no fluxograma abaixo (figura 3).

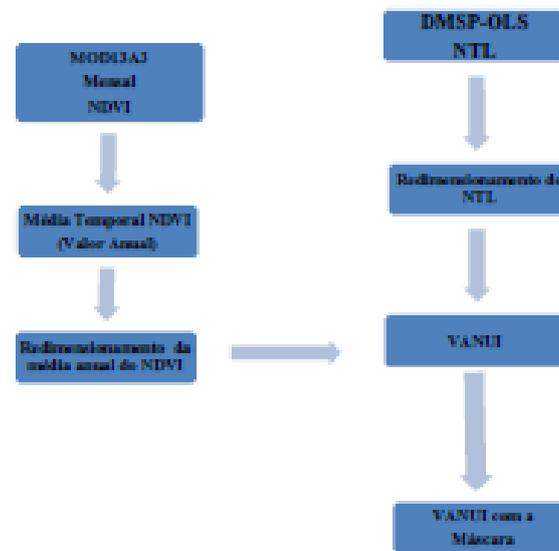


Figura 3 – Fluxograma do método de Processamento das imagens VANUI

3. Cálculo da Área Desmatada Dentro da Reserva da Biosfera da Amazônia Central

Após a determinação das áreas de incidência luminosa (mancha urbana) dentro da Reserva da Biosfera da Amazônia Central, os dados anuais obtidos foram utilizados para o cálculo de sua de mancha urbana que pode ser considerada como área de floresta desmatada. Para o cálculo, foi utilizada a ferramenta *Band Threshold to ROI* em *Region of Interest* no ENVI, na qual se definem os valores de mínimo (0.1) e máximo (0.5) para a criação do ROI, sendo este utilizado no *Report Area of ROIs*, o qual possibilita o cálculo da área em diversas unidades de medida, e utilizado no estudo Quilômetro quadrado (km²).

Por fim, foi calculada a variação da área de luz noturna de um ano para o outro, seguindo a sequência de 2000 a 2013.

4. Resultados e Discussão

Os dados obtidos a partir do processamento pelo índice VANUI estão representados na figura 4 com os dados relativos ao tamanho das áreas com presença de luz noturna (mancha urbana) dentro da REBAC. A análise estatística, descritiva e inferencial da figura 4, foi realizada com suporte do Software Microsoft Excel 2003. Ajustando-se os dados a uma regressão, observou-se que a regressão polinomial de ordem dois, ou quadrática, apresentou melhor coeficiente de determinação, $R^2 = 0,93$.

A partir dessa inferência, pode-se crer que a área de mancha urbana continuará crescendo, visto que a função quadrática é uma função crescente a partir do lado direito da curva. Pode-se perceber que o ponto de mínimo da curva foi o ano de 2003.

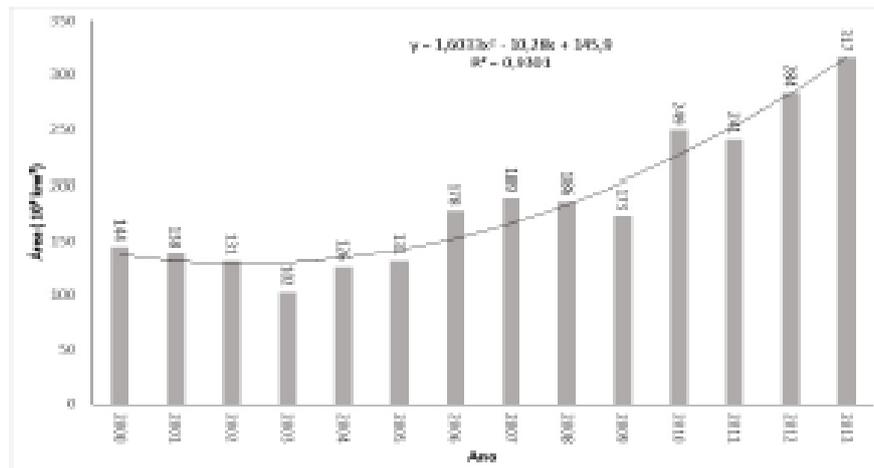


Figura 4 – Gráfico com cálculo do tamanho da mancha urbana ano a ano obtidos pelo índice VANUI

Observou-se que no período de 2000 a 2013 houve oscilações quanto com luz noturna dentro da REBAC, calculando-se uma média de 185.043km². Nota-se, portanto, que a área de mancha urbana máxima ocorreu no ano de 2013 com 316.618 km², o que representa mais do dobro ocorrido no ano 2000. Comparando a figura 3 a e b, que representa as imagens VANUI de 2000 e 2013 após a aplicação da máscara, já são visíveis as diferenças quanto a quantidade e intensidade de luz noturna (mancha urbana), bem como é notável o aparecimento de pontos, antes não existentes, o que gerou uma grande diferença de 172.390 km² a mais no ano de 2013 com relação ao ano 2000. A maior concentração de luz noturna dentro da reserva se encontra nos arredores da cidade de Manaus-AM.

O aumento da área de luz noturna (mancha urbana) principalmente em torno da cidade de Manaus-AM se deve principalmente pelo grande aumento populacional. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano 2000 o número de habitantes era de 1.405.835, em 2010 passou para 1.802.014 habitantes e em 2013 teve uma estimativa de 1.982.179 habitantes e esse aumento populacional pode ser uma das justificativas para o aumento da mancha urbana nos arredores da cidade – dentro da reserva. Além da cidade de Manaus, outros lugares também apresentaram aumentos populacionais, pois de acordo com o IBGE a Região Norte foi a que apresentou o maior crescimento populacional entre o ano 2000 e 2010.

IX SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO E V SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA

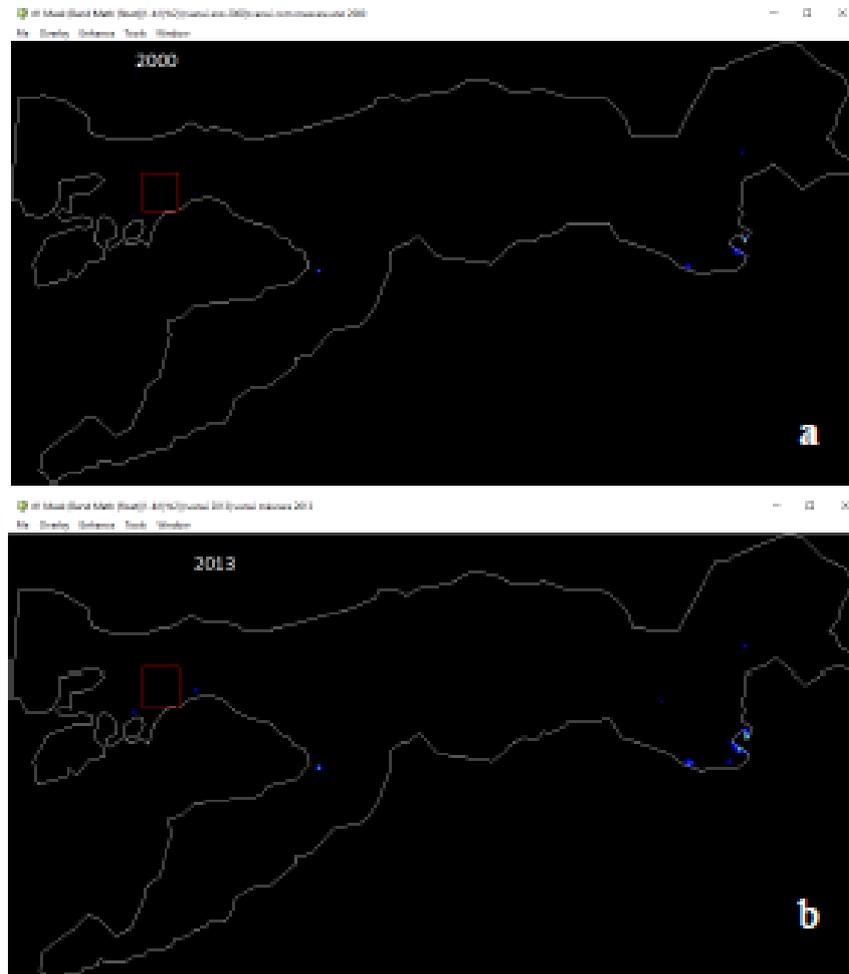


Figura 5 – Imagens VANLI referentes aos anos 2000 (a) e 2013 (b).

Apesar do aumento na área total da mancha urbana ao final do período analisado, percebe-se que entre os anos de 2000 a 2003 houve uma redução gradativamente nestas áreas, chegando a 102.410 km² no ano de 2003. Isso representa uma redução de 41.818 km² o que corresponde 31,07% a menos da área com luz noturna que havia em 2000. Além deste ano, outra redução significativa também foi percebida no ano de 2009, no qual a redução foi de aproximadamente 12.953km² (Analisar figura 4).

Segundo Veríssimo (2011), entre os anos de 2000 e 2006 houve um grande aumento de Unidades de Conservação na Amazônia e que este fato pode ter contribuído para a diminuição da área



desmatada. Ainda segundo o mesmo autor, houve três principais razões para isso: Primeiro, a necessidade de ordenar o território e combater o desmatamento ilegal associado a grilagem de terras; segundo, a urgência em proteger regiões com alto valor biológico, e terceiro, a necessidade de atender as demandas das populações tradicionais (especialmente Resex e RDS) e de produção florestal sustentável (Flonas e Flotas). Com a criação das Unidades de Conservação, áreas de proteção ambiental passaram a ser mais fiscalizadas pelo Poder Público, que pode ter agido retirando áreas de grampo e de retirada de madeira ilegal, pois segundo Amaral (2005) os dados NTL estão relacionados com atividades humanas mesmo em lugares sem população residente indicando as luzes a presença humana que requer algum tipo de infraestrutura, tais como a produção de mineração ou gás. Logo outros tipos de atividades humanas como madeireiras, barcos e outros tipos de construções humanas, que emitam uma certa quantidade de luz também podem ser captados e consequentemente podem ter sido registrados ou não durante os cálculos ao longo do período estudado e ter contribuído para o aumento ou diminuição da área de luz noturna.

Outro possível argumento que pode explicar a variação de tamanho das manchas urbanas principalmente no ano de 2003 foi a possível presença de ruínas e que na Região Amazônica é bastante comum e intenso e que pode resultar numa alteração do tamanho da área de mancha urbana detectada tendo sido isto também relatado por Baptista (2015) em seu trabalho de aumento da área de mancha urbana na Área Metropolitana de Brasília (AMB).

5. Conclusão

O presente artigo, mostrou que é possível a utilização da luz noturna de dados DMSP-OLS juntamente com o índice VANUI, para se caracterizar as áreas de ocupações humanas na Reserva da Biosfera da Amazônia Central, possibilitando ainda o cálculo de sua área e sua evolução ao longo do tempo.

Durante o período analisado o crescimento da área de luz noturna na REBAC apresentou um aumento de 119,52%, o que significou o aumento nesta proporção de manchas urbanas e a consequente redução da área florestal naquela região.

É interessante o incentivo de novos estudos na área explorando-se as potencialidades dos dados de luz noturna com aplicação do índice VANUI para cada vez mais aprimorar a avaliação da ocupação e seu relacionamento com o desmatamento na REBAC.

6. Referências Bibliográficas:

Amaral, S., Câmara, G., Monteiro, A. M. V., Quintanilha, J. A., & Elvidge, C. D. (2005). *Estimating population and energy consumption in Brazilian Amazonia using DMSP night-time satellite data. Computers, Environment and Urban Systems*, 29(2), 179-195.



- Baptista, G. M. M. (2015). *Geração de cenários de crescimento da mancha urbana da área metropolitana de Brasília por meio da série histórica de dados de luz noturna*. Monografia (Especialização em Inteligência do Futuro) – Núcleo Futuro, Universidade de Brasília – UNB, Brasília-DF.
- Correia, A. H., Formaggio, A. R., Shimabukuro, Y. E., & Duarte, V. (2006). Avaliação de índices de vegetação MODIS para detecção de desmatamentos na Amazônia. *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 1(2), 52-64.
- Ferreira, L. V., Verticisco, E., & Almeida, S. (2005). O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. *Estudos avançados*, 19(53), 157-166. Disponível em: http://www.scielo.br/aciolo.php?pid=S0103-40142005000100010&script=sci_arttext&lng=pt [Acedido em: 13 de maio de 2016]
- Huete, A. R., Liu, H. Q., Burchilly, K. V., & Van Leeuwen, W. J. D. A. (1997). A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. *Remote sensing of environment*, 59(3), 440-451.
- IBGE. *Amazônia, Manaus, infográficos: dados gerais do município*. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=130260&search=amazonia%20manaus%20infograficos-%20dados-gerais-do-municipio> [Acedido em: 25 de maio de 2016]
- INPE. *Monitoramento da cobertura florestal da Amazônia por satélites*. Coordenação geral de observação da terra. São José dos Campos, 20 de junho de 2014
- Instituto Brasileiro de Florestas. *Biooma Amazônico*. Disponível em: <http://www.ibflorestas.org.br/bioma-amazonico.html?gclid=CP-v4-up18wCFUisFkQodFwQMOA> [Acedido em: 13 de maio de 2016]
- Kampel, S. A. (2003). *Geoinformação para estudos demográficos: Representação Espacial de Dados de População na Amazônia Brasileira* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- MaB/UNESCO. *Reserva da Biosfera da Amazônia Central*. 2001. Disponível e: http://www.cbma.org.br/mab/unesco_03_rb_amazonia.asp [Acedido em: 13 de maio de 2016]
- Vasconcelos, P. G. D. A. (2015). *Determinantes do desmatamento na Amazônia brasileira*. Dissertação de Mestrado. Brasília: Universidade de Brasília – UnB.
- Veríssimo, A. (2011). *Áreas protegidas na Amazônia Brasileira-avanços e desafios*.
- Zhang, Q., Schaaf, C., & Sen, K. C. (2013). The vegetation adjusted NTL urban index: A new approach to reduce saturation and increase variation in nighttime luminosity. *Remote Sensing of Environment*, 129, 32-41.

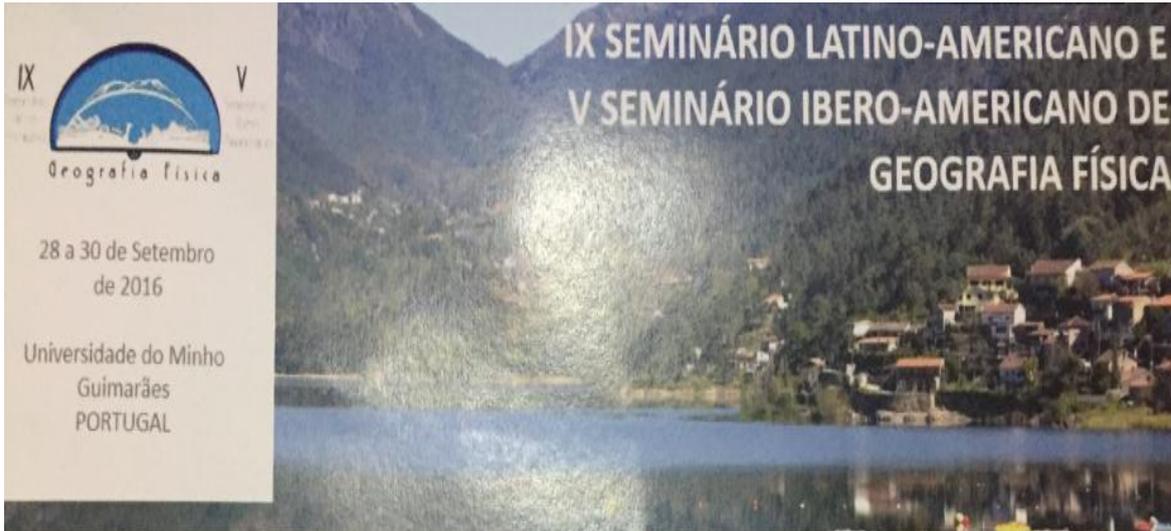


DECLARAÇÃO

Para os devidos efeitos se declara que o trabalho "CÁLCULO DO DESMATAMENTO NA RESERVA DA BIOSFERA DA AMAZÔNIA CENTRAL POR MEIO DA SÉRIE HISTÓRICA DIMSP-OLS DE DADOS DE LUZ NOTURNA" submetido por Guilherme Augusto Cruz Gomes de Sá, aluno de Graduação do Curso de Ciências Ambientais do Instituto de Geociências/UnB, ao IX Seminário Latino-Americano e V Seminário Latino-Americano de Geografia Física, foi aceite como comunicação oral.

Guimarães, 2 de junho de 2016

A Organização



Organização:

Certificado de Participação



Universidade do Minho

COMITÉ LATINO-AMERICANO
DE
GEOGRAFIA FÍSICA

Certifica-se que **Guilherme Augusto Cruz Gomes** participou no IX Seminário Latino-Americano e V Seminário Ibero-Americano de Geografia Física, organizado pelo Centro de Estudos em Geografia e Ordenamento do Território - Universidade do Minho, entre os dias 27 e 30 de Setembro de 2016, no *Campus de Azurém, Guimarães*, da Universidade do Minho, com a apresentação de comunicação científica.

A Comissão Organizadora





LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01 – ILUSTRAÇÃO IDEALIZADA DE UMA RESERVA DA BIOSFERA E O SEU ZONEAMENTO.....	32
FIGURA 02 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ZONEAMENTO DA REBAC.....	33
FIGURA 03 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA GEOMETRIA DA INCIDÊNCIA DO FLUXO RADIANTE SOBRE UM DETERMINADO PONTO LOCALIZADO NA SUPERFÍCIE DE UM OBJETO.....	34
FIGURA 04 – SENSOR MODIS, PRESENTE NOS SATÉLITES AQUA E TERRA.....	36
QUADRO 01 – ESPECIFICAÇÕES E INFORMAÇÕES DO SENSOR MODIS.....	36
FIGURA 05 – COMPORTAMENTO DO NDVI NA VEGETAÇÃO EM PLENA ATIVIDADE FOTOSSINTÉTICA E OUTRA EM ESTRESSE.....	38
FIGURA 06 – SATÉLITE DEFENSE METEOROLOGICAL SATELLITE PROGRAM (DMSP)	38
FIGURA 07 – IMAGEM NTL ANO 2000.....	40
FIGURA 08 – IMAGEM NDVI DE FEVEREIRO DE 2000.....	41
FIGURA 09 – MÓDULO DO BANDMATH DO ENVI.....	42
FIGURA 10 – FERRAMENTA GEOREFERENCED DO ENVI.....	42
FIGURA 11 – FERRAMENTA DENSITY SLICE DO ENVI.....	43
FIGURA 12 – ÁREA DE MANCHA URBANA NA REBAC NO ANO 2000 POR MEIO DO ÍNDICE VANUL.....	44
FIGURA 13 - FLUXOGRAMA DO MÉTODO DE PROCESSAMENTO DAS IMAGENS VANUL.....	45
FIGURA 14 - REPORT AREA OF ROIS DO ENVI.....	46
FIGURA 15 – IMAGENS ANUAIS DO NDVI DE 2000 A 2013.....	47
FIGURA 16 – IMAGENS ANUAIS DO NTL DE 2000 A 2013.....	47
FIGURA 17 – IMAGENS DO ANO 2000 A 2013 COM A UTILIZAÇÃO DO ÍNDICE VANUL.....	48/54
FIGURA 18 – GRÁFICO COM VALORES EM KM ² DA MANCHA URBANA ANO A ANO OBTIDOS PELO ÍNDICE VANUI COM ANÁLISE ESTATÍSTICA DO R ²	55



FIGURA 19 – IMAGENS VANUI REFERENTES AOS ANOS 2000 (A) E 2013 (B) COM O CÍRCULO VERDE ENTORNO DA MANCHA URBANA DE MANAUS DENTRO DA REBAC.....57



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	29
2. OBJETIVOS	30
2.1 OBJETIVO GERAL	30
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
3. JUSTIFICATIVA	31
4. REVISÃO DE LITERATURA	31
4.1 RESERVA DA BIOSFERA DA AMAZÔNIA CENTRAL	31
4.2 SENSORIAMENTO REMOTO E APLICABILIDADE DOS SENSORES MODIS E DMSP/OLS	34
5. MATERIAL E MÉTODOS	39
5.1 O PROCESSAMENTO DAS IMAGENS DE SATÉLITE.....	39
5.1.1 OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS NTL.....	39
5.1.2 OBTENÇÃO E PROCESSAMENTOS DOS DADOS NDVI	41
5.1.3 APLICAÇÃO DO ÍNDICE VANUI PARA O CÁLCULO DA ÁREA DE MANCHA URBANA DENTRO DA RESERVA DA BIOSFERA DA AMAZÔNIA CENTRAL.....	42
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
7. CONCLUSÃO	58
8. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	62



1. INTRODUÇÃO

A Amazônia é o maior bioma de floresta úmida do mundo, contém quase 50% da biodiversidade conhecida do planeta e o maior manancial de água doce, que corresponde aproximadamente a 1/5 (um quinto) das reservas mundiais. A Amazônia Legal passa pelos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará e Roraima, e parte do Maranhão, Mato Grosso, Rondônia e Tocantins. (VASCONCELOS, 2015). Apesar da grande importância desse bioma, ele vem enfrentando grandes problemas causados pela ação antrópica.

Segundo Ferreira e colaboradores (2005), o modelo da ocupação demográfica da Amazônia legal nos últimos cinquenta anos tem levado a níveis significativos de desmatamento, resultante de múltiplos fatores, tais como a abertura de estradas pioneiras, o crescimento das cidades, a ampliação de pecuária extensiva, a acelerada exploração madeireira e a crescente agricultura intensiva de monoculturas. O Instituto Brasileiro de Florestas (IBF) acrescenta ainda as queimadas, a garimpagem e a biopirataria como sendo graves problemas enfrentados pelo bioma amazônico. O conjunto formado por essas ações devastadoras é responsável por graves mudanças climáticas em todo o planeta, como o aquecimento global.

A área cumulativa desmatada na Amazônia legal brasileira chegou a cerca de 653.000 km² em 2003, correspondendo a 16,3% da região. De 2005 a 2012, houve uma forte retração, chegando a 4.571 km² no ano de 2012. Apesar da redução das áreas desmatadas nos últimos anos, o desmatamento continua expressivo e pode voltar a crescer (FERREIRA *et al.*, 2005; VASCONCELOS, 2015).

O Projeto de Estimativa de Desflorestamento da Amazônia (PRODES) do INPE, entende que o desmatamento é um processo que se inicia com a floresta amazônica intacta e termina com a conversão completa da floresta original em outras coberturas, o que se torna bastante preocupante, uma vez que a originalidade da floresta é perdida e conseqüentemente a biodiversidade (INPE, 2014).

A criação de Unidades de Proteção Integral visa conservar a biodiversidade local e inclui as categorias de Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre. Outras categorias de áreas institucionais na Amazônia legal são as Terras Indígenas, sob jurisdição do governo federal, por meio da Fundação Nacional do Índio (Funai) (FERREIRA, *et al.*, 2005).



A Reserva da Biosfera da Amazônia Central (REBAC) está localizada na área do Projeto Corredor Ecológico Central da Amazônia, no interior do Estado do Amazonas. Seu principal objetivo é o da conservação dessas porções estratégicas de cobertura florestal de imensa biodiversidade (MaB/UNESCO, 2001).

Apesar da criação de unidades de preservação, fiscalização por órgãos especializados, como o IBAMA, e de monitoramento via satélite, o intenso desmatamento vem ocorrendo aceleradamente e muitas vezes de forma imperceptível para os sistemas de monitoramento via satélite. Há a necessidade, portanto, de sensores de resolução mais detalhadas para capturar pequenas áreas devastadas.

Com o lançamento dos satélites Terra (Dezembro/1999) e Aqua (maio/2002), ambos portando o sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), passa a ser disponibilizada uma nova perspectiva, com resoluções espaciais de 250m / 500m / 1000m e repetitividade temporal quase diária para praticamente toda a superfície terrestre (CORREIA, *et. al.*, 2006).

Outra ferramenta que fornece imagens importantes para análises é o sistema sensor DMSP/OLS (*Defense Meteorological Satellite Program/Operational Linescan System*) que foi originalmente planejado pela Força Aérea Americana para observação noturna da cobertura de nuvens e previsão meteorológica. Porém, imagens noturnas do sistema DMSP/OLS possibilitam uma visão interessante da configuração de ocupação humana no espaço, por meio da associação com luzes (KAMPEL, 2003).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a expansão da mancha urbana ano a ano na reserva da biosfera da Amazônia Central no período de 2000 a 2013.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a tendência de crescimento da mancha urbana dentro da REBAC no período analisado.
- Avaliar a forma como se deu a expansão da mancha urbana se de forma difusa ao longo de toda área ou de forma concentrada em certos pontos e/ou localidades dentro da REBAC.



3 JUSTIFICATIVA

O Brasil, atualmente, possui seis reservas da biosfera. Dentre elas, a Reserva da Biosfera da Amazônia Central apresenta relevante importância por contribuir para a conservação da biodiversidade, por fomentar o desenvolvimento econômico e sustentável da região e por criar condições logísticas para a produção de conhecimento científico e incentivo à educação ambiental (MaB/Unesco). E por esse mesmo motivo, tem causado preocupações com relação à sua preservação. Sabe-se que, a presença antrópica provoca alterações nesse ambiente e por isso é preciso que haja controle. Pensando nisso, este trabalho propõe a análise do aumento da mancha urbana na REBAC por meio da utilização da luz noturna como parâmetro de análise da presença de mancha urbana no período de 2000 a 2013.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 RESERVA DA BIOSFERA DA AMAZÔNIA CENTRAL

A crescente preocupação com a preservação da biodiversidade do planeta Terra vem trazendo à tona cada vez mais a discussão sobre a criação e utilização de áreas protegidas ao longo do globo como sendo as principais ferramentas para a conservação da biodiversidade a longo prazo, tendo, segundo a convenção sobre a Biodiversidade Biológica (1992), área protegida como definição é uma área geograficamente destinada, ou regulamentada, e administrada para alcançar objetivos específicos de conservação.

Com o intuito de eleger áreas prioritárias em todo o globo para a conservação da biodiversidade, surgiu em 1971 o programa Homem e a Biosfera, do inglês *Man and Biosphere* (MaB) da UNESCO, tendo este programa como intuito desenvolver uma melhor relação entre o homem e o meio ambiente por meio da conservação e uso racional dos recursos naturais com bases científicas e sociais. Este programa tem duas linhas principais de pesquisas, sendo uma delas, a concepção de um instrumento inovador de planejamento, as Reservas da Biosfera, para combater os efeitos dos citados processos de degradação, promovendo a conservação da natureza e o desenvolvimento sustentável (UNESCO, 2000).

As reservas da biosfera são áreas que compreendem ecossistemas terrestres, marinhos e costeiros. Cada reserva promove soluções que conciliem a conservação da biodiversidade com seu uso sustentável (UNESCO, 1996; BRITO, 2012), devendo

ainda a gestão de uma reserva atender às necessidades básicas da comunidade local, com vistas ao melhor relacionamento entre o homem e o meio ambiente (DOYLE, 2009).

Em busca de possibilitar uma maior interação entre as pessoas e as reservas da biosfera, foi definida também uma subdivisão destas em três níveis: zona núcleo, zona tampão ou de amortecimento e pôr fim, a zona de transição (**Figura 01**) (UNESCO/RMaB, 2004). Área núcleo é constituída por unidades de conservação de proteção integral, com perímetro definido. Sua função primordial é a preservação da biodiversidade. Pode haver uma ou mais dessas áreas na reserva. Zona de amortecimento é estabelecida no entorno da área núcleo e constitui-se numa espécie de cinturão de proteção para minimizar o impacto sobre esses núcleos. Em geral, correspondem às áreas de mananciais, Áreas de Proteção Ambiental - APAs e regiões de interesse ambiental. A zona de transição, situa-se na faixa contígua à zona de amortecimento. Está voltada para o monitoramento e para a educação ambiental. Seus limites não são bem definidos porque a demarcação é realizada periodicamente, pois está sujeita à dinâmica da conjuntura socioeconômica (UNESCO, 2004; DOYLE, 2009).



Figura 01 – Ilustração idealizada de uma reserva da biosfera e o seu zoneamento. (Doyle,2009)

Existem 669 reservas de biosfera em 120 países, incluindo 16 sítios transfronteiriços, sendo a Reserva da Biosfera da Amazônia Central uma delas (Unesco, 2016).

A Reserva da Biosfera da Amazônia Central apresentada em 2001 está localizada na área do Projeto Corredor Ecológico Central da Amazônia, no Estado do Amazonas, com área de 208.600 km² (**Figura 02**). Essa reserva tem como elemento estrutural de seu território, o conjunto de Áreas Protegidas contínuas formada por Unidades de Conservação federais, estaduais e municipais (REBIO Uatumã, PARNAs do Jaú e de Anavilhanas, ESECs Javari-Solimões e Juami- Japurá, RESEX do Unini, FLONA de Tefé, RDS Mamirauá, Amanã, Uacari, Rio Negro, Puranga Conquista e Uatumã, PAREST do Rio Negro Norte e Sul, APAs das Margens Esquerda e Direita do Rio Negro e Caverna do Maroaga, entre outras de menor extensão territorial), além de incorporar o Mosaico de Áreas Protegidas do Baixo Rio Negro (UNESCO/MaB, 2016).



Figura 02 – Mapa de localização e zoneamento da REBAC. *Modificado (RBMA/UNESCO).*

florestal, de imensa biodiversidade. Uma importante iniciativa é o apoio ao reconhecimento do papel estratégico do conhecimento, pelas populações tradicionais, dos usos terapêuticos da biodiversidade local. Com isso, além de promover a exploração econômica de seus produtos florestais, pelo manejo sustentável, apoia as atividades para

a conservação da biodiversidade, para o fortalecimento da bioprospecção, da biotecnologia e de bionegócios (Unesco/MaB, 2016).

4.2 SENSORIAMENTO REMOTO E APLICABILIDADE DOS SENSORES MODIS E DMSP/OLS

Satélite é uma máquina que possui lentes em vários comprimentos de onda eletromagnética e vigia cada pedaço do planeta Terra. Fica a uma altura de 822 km da Terra e com uma velocidade que demora 101,4 minutos para circular o globo terrestre de um pólo a outro (LIU, 2015). Isso possibilita informações de forma rápida sobre o que está acontecendo no planeta.

A peça fundamental das técnicas de sensoriamento remoto (SR) é a radiação eletromagnética e os diferentes objetos, também chamados de alvos (onde se pretende extrair alguma informação), como demonstra a **figura 03** (PONZONE, 2015). No caso de sensoriamento remoto da superfície terrestre, esses objetos incluem os diferentes recursos naturais, tais como, água, solos, rochas e a vegetação que refletem a radiação.

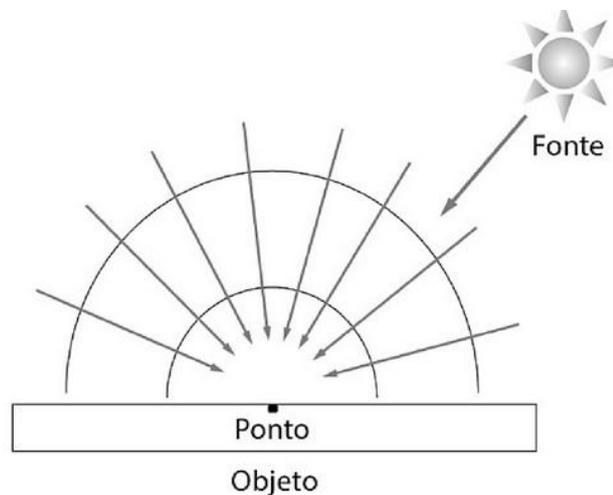


Figura 03 – Representação esquemática da geometria da incidência do fluxo radiante sobre um determinado ponto localizado na superfície de um objeto. (PONZONE, 2015)

Os sensores de satélite captam as energias eletromagnéticas da superfície do planeta sem contato com ela. As informações são adquiridas pela detecção e medição das mudanças que os objetos impõem ao campo na sua redondeza. Esse sinal pode incluir um campo magnético emitido e/ou refletido, ondas acústicas refletidas e/ou



perturbadas pelo objeto, ou perturbações do campo de gravidade, ou potencial magnético com a presença do objeto (FIGUEIREDO, 2005; LIU, 2015;).

Com a aplicação das técnicas de SR é possível explorar diferentes escalas de trabalho. No Brasil, a aplicação das técnicas no estudo da vegetação teve início com os primeiros mapeamentos temáticos realizados na década de 1940, feitos a partir de fotografias aéreas de imagens feitas por um radar aerotransportado (ARCHELA, 2007; GAMBA, et al., 2011)

Um dos marcos mais significativos dessa aplicação (talvez o mais importante), foi o projeto Radambrasil. Esse projeto teve como objetivo representar espacialmente classes fisionômicas da cobertura vegetal de todo território nacional e também dos demais itens fundamentais de estudos sobre meio ambiente e os recursos naturais, como a geologia, a geomorfologia e os solos (FERNANDES & MORISSON, 2013). Em meados da década de 80, outros trabalhos foram realizados como o estudo de culturas agrícolas com grande importância econômica; inventários florestais, mapeamento dos remanescentes florestais da Mata Atlântica; estimativas de desflorestamentos brutos na Amazônia, e etc. (LIU, 2015).

Na década de 90, as pesquisas de sensoriamento remoto da vegetação começaram a explorar outras ênfases quantitativas, como por exemplo, correlação entre parâmetros geofísicos do meio ambiente e/ou biofísicos da vegetação (REMPEL, 2000; GALO, 2000; GIACOMONI, 2005; ESCADA *ET AL.*, 2005; MARTINEZ, 2015; DA SILVA & ALMEIDA, 2016).

Como já fora citado acima, as imagens obtidas por SR proporcionam uma visão sinóptica dos ambientes e a sua transformação, destacando-se os impactos causados por fenômenos naturais e antrópicos, como desmatamentos, as queimadas, a expansão urbana, ou outras alterações do uso e da ocupação da terra (FLORENZANO, 2002).

Os dados de sensores remotos estão disponíveis em sites (maioria de forma gratuita), como por exemplo, as imagens dos sensores CCD, IRMSS e WFI dos satélites CBERS 1 e 2 e imagens MSS dos satélites americanos LANDSAT 1, 2 e 3 disponíveis no endereço: www.dgi.inpe.br. Imagens MSS, TM e ETM+ dos satélites LANDSAT e dados da missão SRTM também estão disponíveis gratuitamente no endereço: <http://glcf.umiacs.umd.edu/data>. Os dados do sensor MODIS, a bordo dos satélites TERRA e AQUA, também estão disponíveis de forma gratuita no endereço: <http://redhook.gsfc.nasa.gov/>.



Figura 04 - Sensor MODIS, presente nos satélites AQUA e TERRA.

Fonte: Adaptado de NASA (2016).

O sensor MODIS, é um sistema desenvolvido pela EOS/NASA (*Earth Observing System/National Aeronautics and Space Administration*) que visa o monitoramento global da atmosfera, terra e oceano. As bandas desse sensor têm baixa resolução espacial, mas alta resolução espectral, radiométrica e temporal que possibilitam estudos de ambientes dinâmicos tanto terrestres, quanto oceânicos (**Tabela 01**) (FLORENZANO, 2011).

Quadro 01– Especificações e informações do sensor Modis.

Órbita	705km, síncrona com Sol, polar; 10:30 a.m. descendente; 1:30 p.m. ascendente
Alcance Espectral	0,4-14,4 μm
Cobertura Espectral	$\pm 55^\circ$, 2330 km em fileira (“scans” contínuos em nadir no equador)
Resolução Espacial	250m (2 bandas), 500 m (5 bandas), 1000m (29 bandas) em nadir
Precisão Radiométrica	5% Absoluto, < 3 μm ; 1% Absoluto, > 3 μm ; 2% de reflectância



Cobertura de Repetição	Diária, a norte da latitude 30° e a cada dois dias, para latitudes inferiores a 30°
Quantização	12 bits
Taxa de Dados	6,2 Mbps (média), 10,8 Mbps (dia), 2,5 Mbps (noite)
Força	162,5 W (média para uma órbita), 168,5 W (pico)

(LATORRE *et al.*, 2007)

As análises temporais baseadas nos índices de vegetação, em especial o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), são importantes ferramentas geradas por técnicas de SR que têm sido amplamente empregados em diversos trabalhos que buscam relacionar as informações captadas pelos sensores com a vegetação presente na área imageada, tais como: medida de índice de área foliar, determinação da porcentagem de cobertura do solo e estimativas da radiação fotossinteticamente ativa (MENESES, 2012; ZHU *et al.*, 2013; YENGOH *et al.*, 2014; BOYTE *et al.*, 2015; ROY *et al.*, 2016).

Segundo Santos (2014), o índice é baseado na razão entre uma banda, na qual valores dos dados crescem com o aumento da vegetação (infravermelho próximo) e outra banda, na qual os valores decrescem com o aumento da vegetação (vermelho), produzindo um parâmetro que é altamente sensível à presença de vegetação.

Os resultados do NDVI estão relacionados à diferença entre as reflectâncias dessas bandas espectrais, ao se observar um determinado alvo, que geralmente é uma área de cobertura vegetal. Quanto maior a diferença entre as bandas espectrais do vermelho e do infravermelho próximo, maior será a atividade fotossintética da planta ou da vegetação e, se a vegetação, por algum motivo, estiver passando por um estresse, com seus componentes vegetais em baixas atividades fotossintéticas, as diferenças entre as reflectâncias das bandas espectrais do vermelho e infravermelho próximo diminuem. Com isso, os resultados do NDVI serão menores, se relacionarmos com os resultados de NDVI de vegetações saudáveis (SILVA, 2016). Observe a **figura 05**.

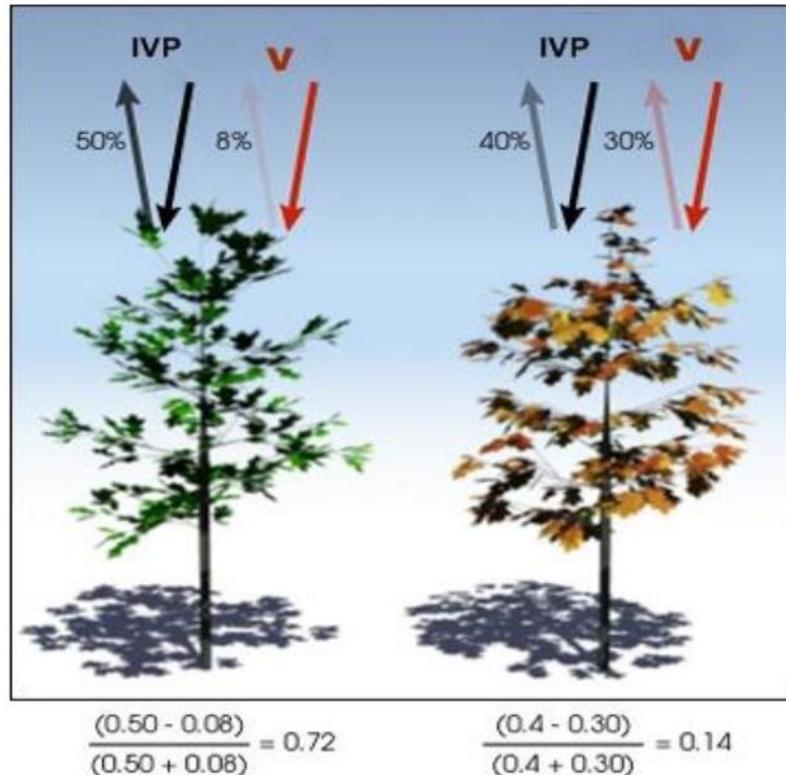


Figura 05 – Comportamento do NDVI na vegetação em plena atividade fotossintética e outra em estresse. (SILVA, 2016).

Também existe o satélite que capta sinal de luz antropogênico durante a noite, a exemplo do Programa de Satélites Meteorológicos de Defesa (DMSP/OLS) que carrega o sensor NTL (*Night Time Light*). Embora o DMSP / OLS tenha sido originalmente desenvolvido com o propósito de detectar a distribuição de nuvens e temperatura no topo da nuvem, tornou-se uma fonte predominante para observar uma série de fontes de emissão fracas desde 1970, tais como luzes de cidade, frotas de navegação, locais industriais, alargamentos de gás e incêndios (LI & ZHOU, 2017).



Figura 06 - Satélite Defense Meteorological Satellite Program (DMSP).

Fonte: NOAA (2016).



Entender as dinâmicas espaço-temporais do desenvolvimento urbano em escalas regionais e globais é cada vez mais importante para o planejamento urbano, tomada de decisão política e uso e conservação de recursos. As observações contínuas derivadas de satélite do sinal de luz antropogénico durante a noite fornecem medidas coerentes e eficientes da dinâmica demográfica e socioeconómica no processo de urbanização (MA *et al.*, 2015).

Neste trabalho, utilizou-se de imagens do sensor Modis e do NTL no período de 2000 a 2013, com o propósito de avaliar o aumento da mancha urbana da reserva da Biosfera da Amazônia central.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 O PROCESSAMENTO DAS IMAGENS DE SATÉLITE

As imagens de satélites nada mais são do que dados, os quais podem ser transformados por meios de cálculos matemáticos, estatísticos e probabilísticos dos dados e que devido à complexidade requerem expressivos recursos computacionais para o armazenamento e tratamento das informações obtidas do Sensoriamento Remoto. A grande e constante evolução da informática, tanto em equipamentos como em softwares, tem propiciado cada vez mais a utilização de imagens de satélite e conseqüentemente de todo o sensoriamento remoto como uma importante ferramenta na análise das questões ambientais e sociais.

Para realização do estudo da área de mancha urbana na REBAC, no período de 2000 a 2013 foram utilizados os dados NDVI do sensor MODIS e os dados (DMSP/OLS) de luz noturna (NTL) tendo sido utilizado também o índice VANUI (*Vegetation Adjusted NTL Urban Index*), que se utiliza de uma composição dos dados NDVI com o NTL para a redução da saturação dos focos de luz da imagem NTL.

Todo o processamento das imagens foi realizado no programa ENVI 5.1 (*Environment for Visualizing Images*).

5.1.1 OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS

NTL

A obtenção dos dados NTL foi realizada no website do *National Geophysical Data Center* do NOAA (*National Oceanic Atmospheric Administration*). Os dados NTL

são distribuídos de forma gratuita e representam uma composição de imagens anual, livres de nuvens, compreendendo uma variação longitudinal de -180° a 180° e latitudinal de -65° a 75° . A série temporal disponível é de 1992 a 2013. São disponibilizados em projeção geográfica, com elevações referenciadas para o geóide WGS84 EGM96 e datum horizontal WGS84. Sua resolução espacial é de 30 arcos segundo, que corresponde a aproximadamente 1 km.

Os dados NTL necessitam de registro imagem a imagem e, para tal, utilizou-se como referência o shapefile do contorno da Reserva da Biosfera da Amazônia Central (**Figura 05**).

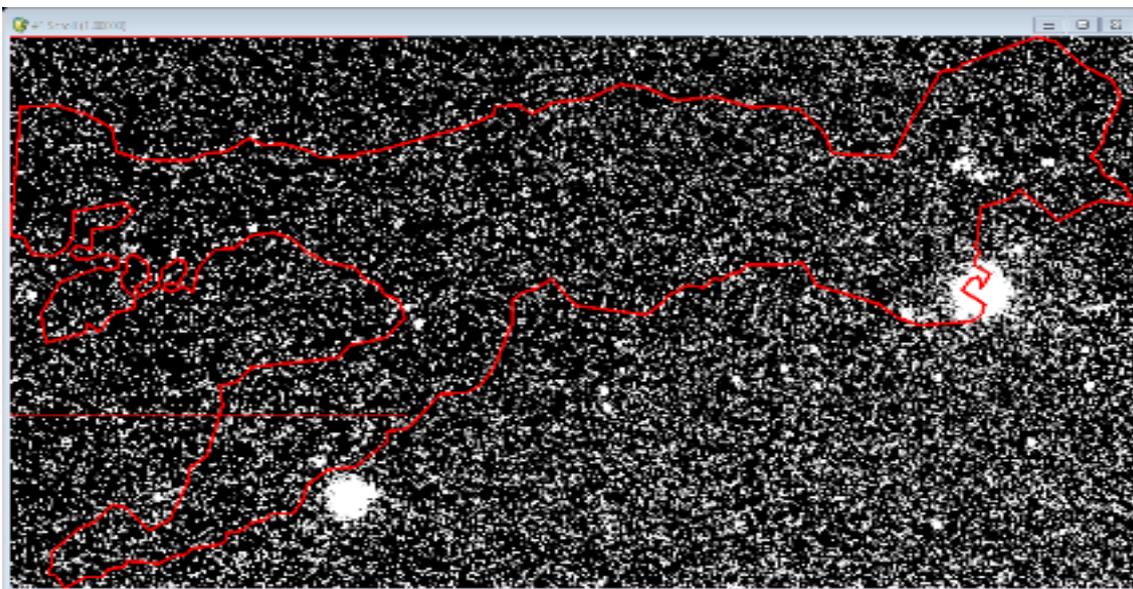


Figura 05 – imagem NTL ano 2000.

Os dados NTL são anuais e estes dados foram recortados para uma janela de 1130×582 , compreendendo a área da REBAC onde após o recorte das cenas, o NTL teve que ser dividido por 63 no *bandmath* do Envi para que sua escala de valores fosse compatível com a do NDVI utilizando-se a equação 1:

$$\text{float}(\mathbf{b1}/63) \text{ (Eq.1)}$$

Segundo Baptista (2015), os dados NTL se caracterizam por saturação dos focos de luz, principalmente na banda termal, ampliando a área realmente ocupada pela mancha urbana e em virtude disto utilizou-se o índice VANUI que é um mecanismo que reduz essa saturação.

5.1.2 OBTENÇÃO E PROCESSAMENTOS DOS DADOS

NDVI

Segundo Meneses (2012) o NDVI é um índice decorrente da operação que envolve a diferença e a soma entre duas bandas o infravermelho próximo e do vermelho, segundo a razão:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (\text{Eq. 2})$$

Os valores de NDVI computados variam de -1 a +1 sendo que quanto mais próximo de +1, maior a densidade da cobertura vegetal e como a água possui refletância na banda 3 maiores que na banda 4 apresentando, portanto, valores negativos, próximos a -1.

Foi utilizado 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 para os efeitos atmosféricos, com os índices NDVI e EVI (*Enhanced Vegetation Index*) previamente calculados (**Figura 06**).

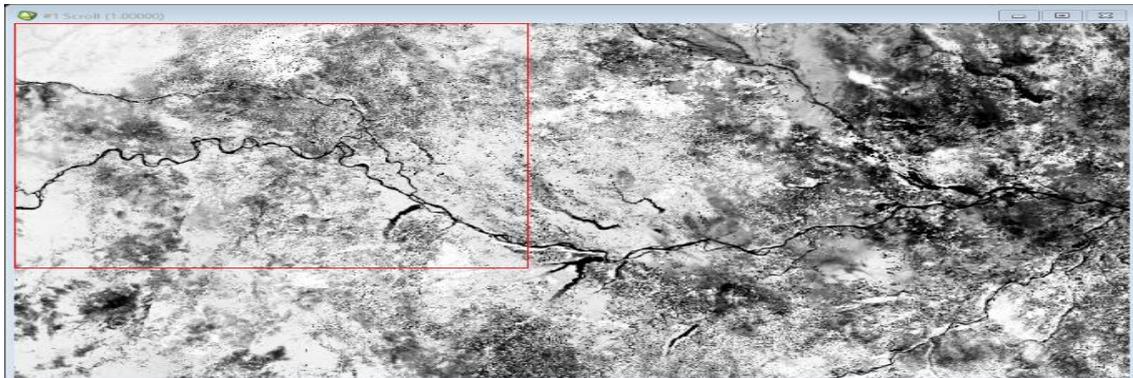


Figura 06 – Imagem NDVI de fevereiro de 2000.

Foram utilizadas no total 334 cenas mensais dos dados MOD13A3, referentes aos *tiles* H11V09 e H12V09, os quais foram obtidas por meio do website GLOVIS do USGS 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 fevereiro de 2000 a dezembro de 2013.

Os dados do NDVI do sensor MODIS são mensais. Para colocá-los numa mesma dimensão temporal dos dados NTL, que são anuais, foi calculada a média aritmética anual dos dados MOD13A3 por meio do módulo *bandmath* do ENVI, procedimento adotado também por Baptista (2015) e por Zhang e colaboradores (2013), seguindo a

equação 2 que deve ser colocada no campo *enter an expression* do *bandmath* do ENVI (Figura 07):

$$\text{float}((b1+b2+b3+b4+b5+b6+b7+b8+b9+b10+b11+b12)/12) \text{ (Eq.3)}$$

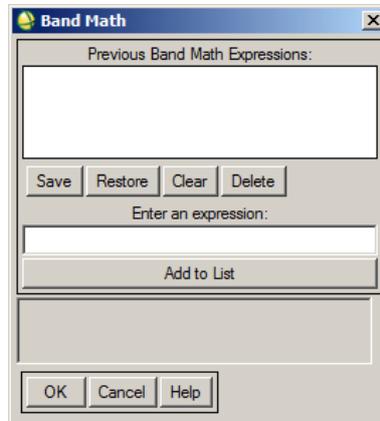


Figura 07 – Módulo do *bandmath* do ENVI.

Outra necessidade de pré-processamento, foi a mudança de sistema de projeção sinusoidal dos dados de NDVI do MOD13A3 para projeção geográfica. Para isso foi utilizado a ferramenta *Georeferenced* no módulo *Mosaicking* do ENVI (Figura 08) tendo, assim como os dados NTL, recortados para uma janela de 1130 x 582, compreendendo a área da REBAC.

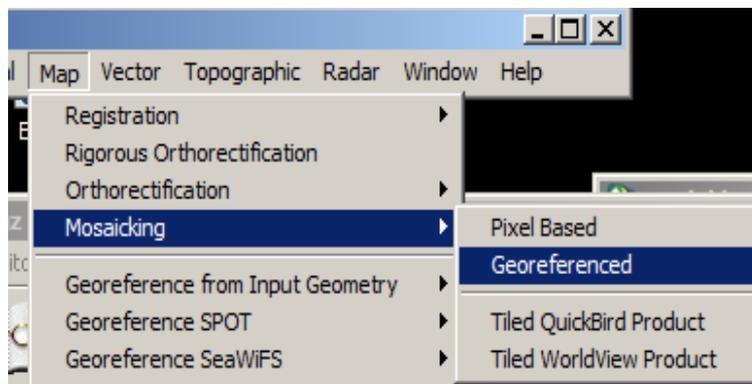


Figura 08 – Ferramenta *Georeferenced* do ENVI.

A O

CÁLCULO DA ÁREA DE MANCHA URBANA DENTRO DA RESERVA DA BIOSFERA DA AMAZÔNIA CENTRAL

Para aplicar o índice VANUI, apresentado na equação 3, também foi utilizado o módulo *bandmath* do ENVI:

$$\text{VANUI} = (1-\text{NDVI}) * \text{NTL} \text{ (Eq.4)}$$

A aplicação do índice VANUI tem como objetivo a redução dos efeitos de saturação que apresentam os dados NTL.

Após a determinação do VANUI, aplicou-se uma máscara para eliminar os valores dos pixels externos à REBAC e aplicou-se a ferramenta *Density Slice* para ressaltar as áreas de maior incidência de luz (mancha urbana) utilizando os parâmetros descritos na (Figura 09).

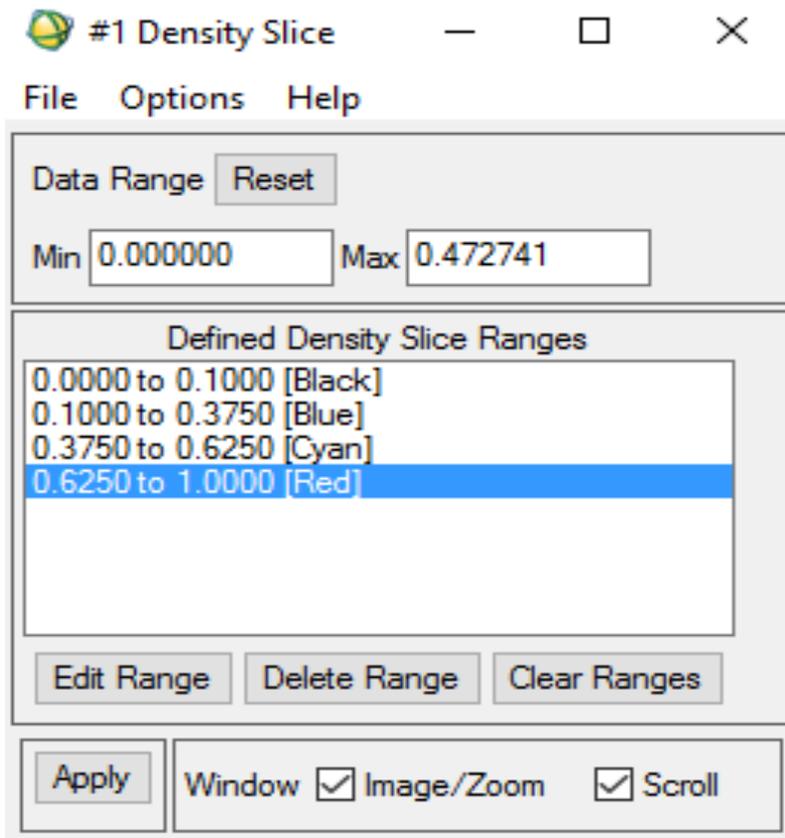


Figura 09 – Ferramenta *Density Slice* do ENVI.

Como resultado, chegou-se a uma imagem, como a mostrada na **Figura 10**, a qual será utilizada para o cálculo ano a ano (2000-2013) da área de macha urbana em km² dentro da REBAC. As machas coloridas representam os pontos de maior concentração de luz e será a área a ser calculada para se estimar o tamanho das manchas urbanas.



#1 Mask (Band Math (float((1-b1)*b2));vanui ano 2000);vanui com mascara ano 2000

- □ X

File Overlay Enhance Tools Window

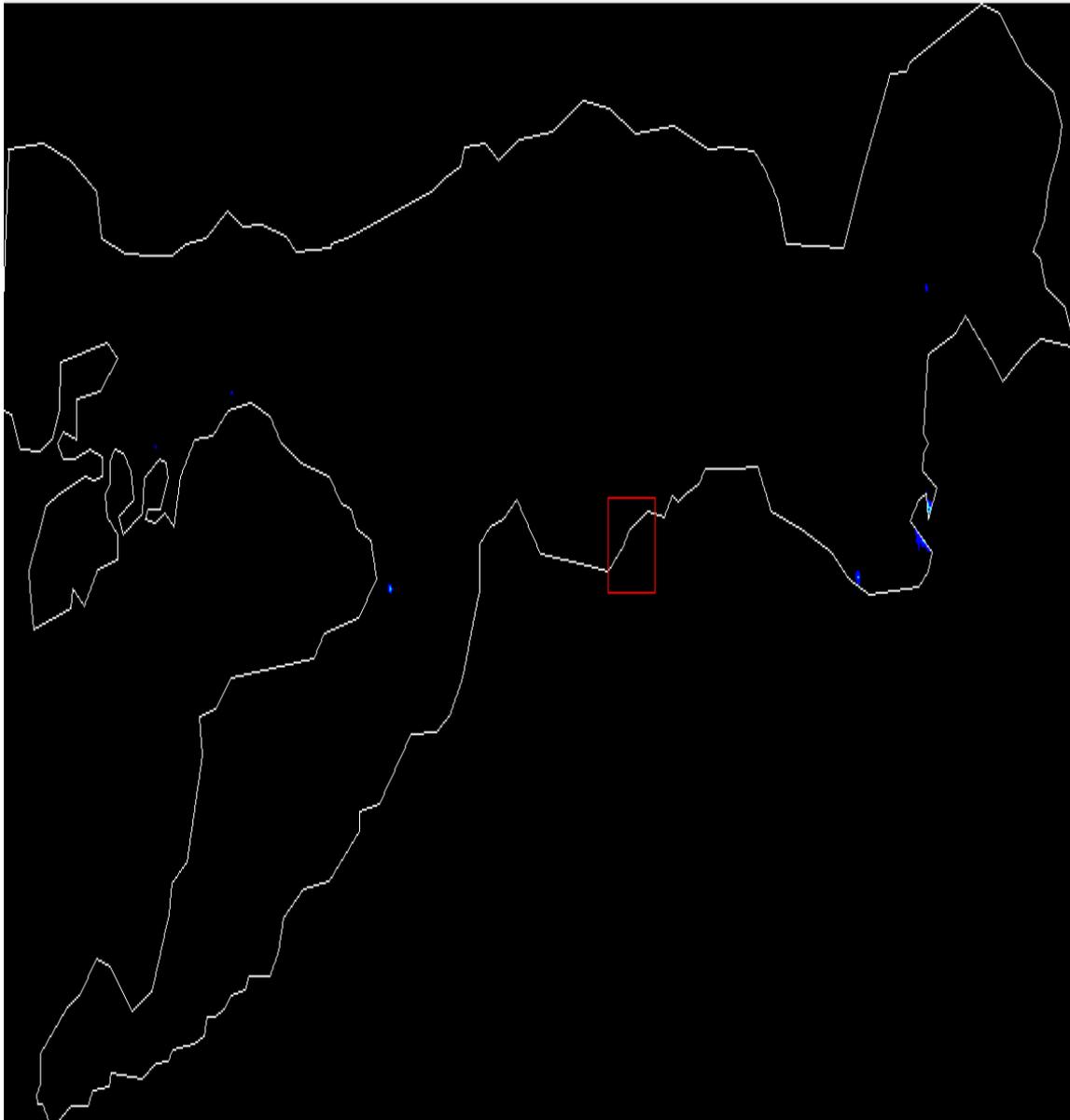


Figura 10 – Área de mancha urbana na REBAC no ano 2000 por meio do índice VANUI.

Todo o método acima explicado pode ser resumido no fluxograma abaixo

(Figura 11).

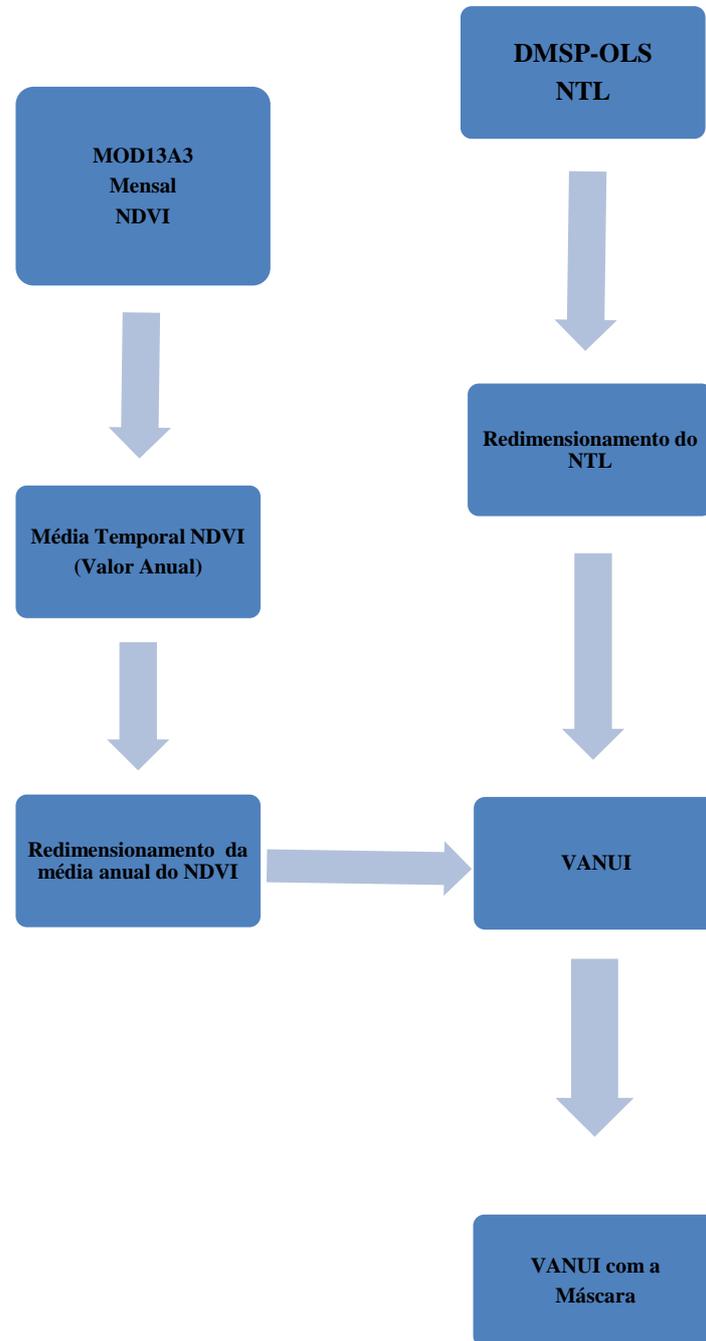


Figura 11 - Fluxograma do método de Processamento das imagens VANUI

Após a determinação das áreas de incidência luminosa (mancha urbana) dentro da Reserva da Biosfera da Amazônia Central, os dados anuais obtidos foram utilizados para o cálculo da mancha urbana, que pode ser considerada como área de floresta



desmatada. Para o cálculo, foi utilizada a ferramenta *Band Threshold to ROI* em *Region of Interest* no ENVI, que se definiu os valores de mínimo (0.1) e máximo (0.5) para a criação do ROI, sendo esse utilizado no *Report Area of ROIs* (**Figura 12**), que possibilita o cálculo da área em diversas unidades de medida, e utilizado no estudo quilômetro quadrado (km²).

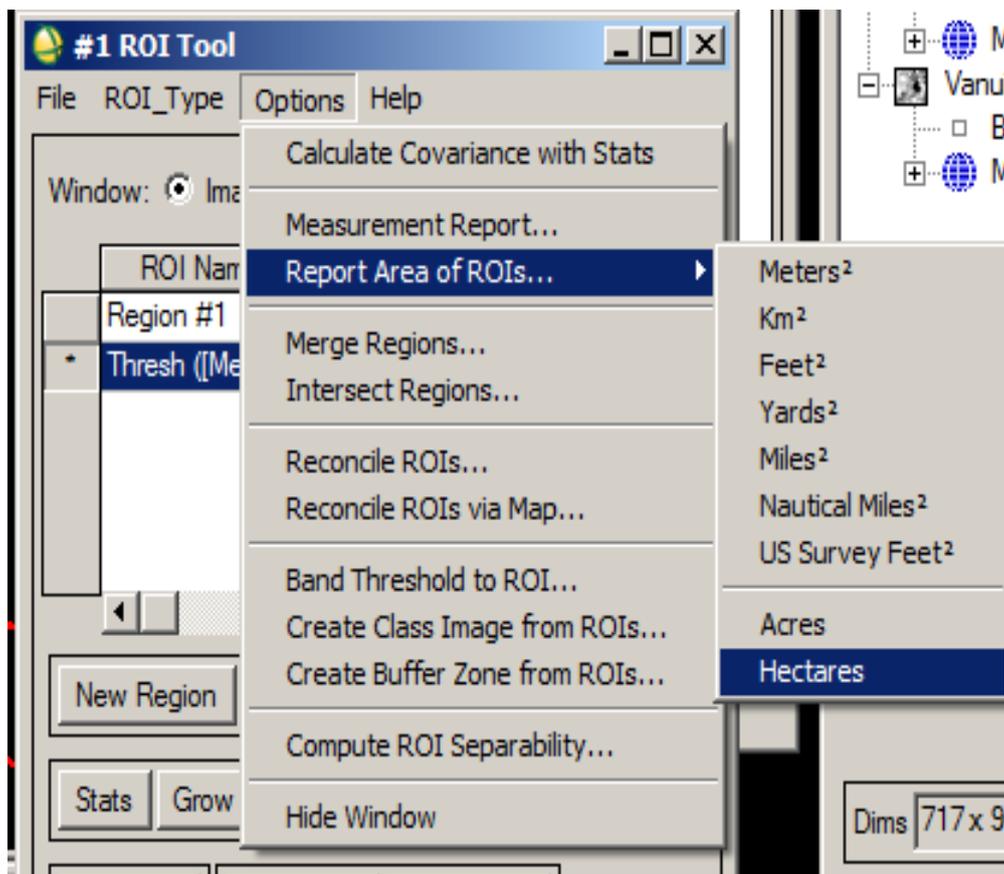


Figura 12 - *Report Area of ROIs* do ENVI.

Por fim, foi calculada a variação da área de luz noturna de um ano para o outro, seguindo a sequência de 2000 a 2013.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados anuais obtidos e processados do NDVI já aplicado o *bandmath* estão representados na pelas imagens da **Figura 13** e os dados NTL também já aplicado ao *bandmath* nas imagens da **figura 14**.

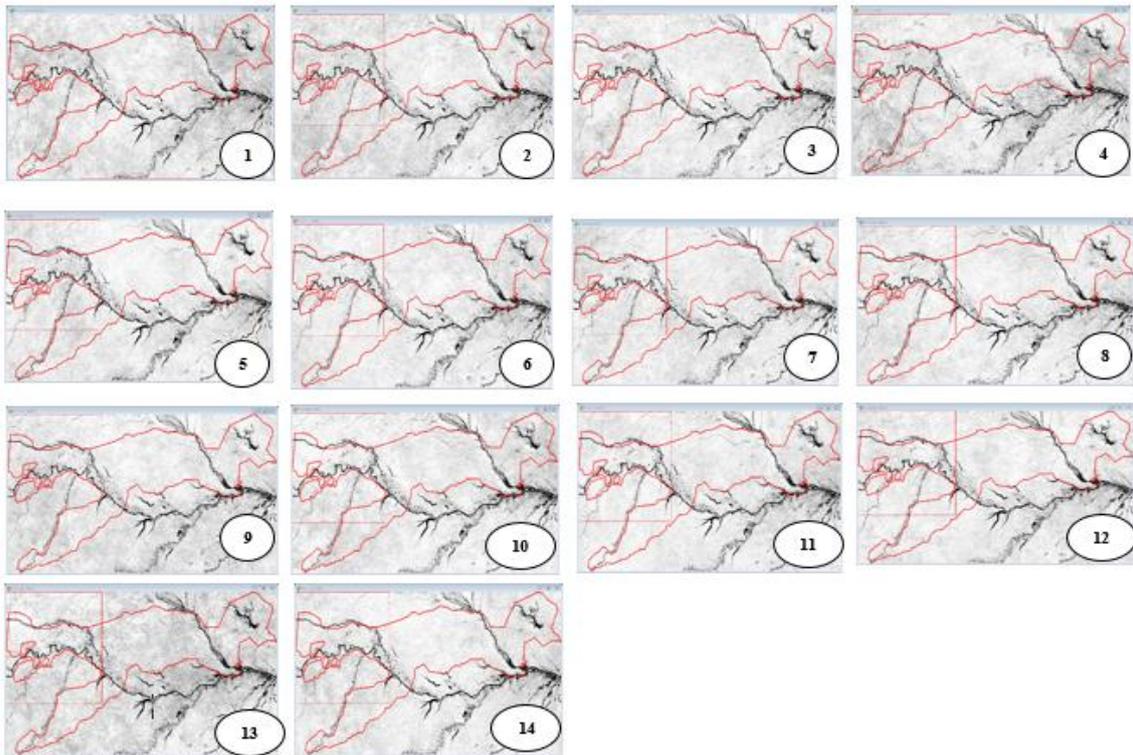


Figura 13 – Imagens anuais do NDVI de 2000 a 2013. (1) 2000; (2) 2001; (3) 2002; (4) 2003; (5) 2004; (6) 2005; (7) 2006; (8) 2007; (9) 2008; (10) 2009; (11) 2010; (12) 2011; (13) 2012; (14) 2013.

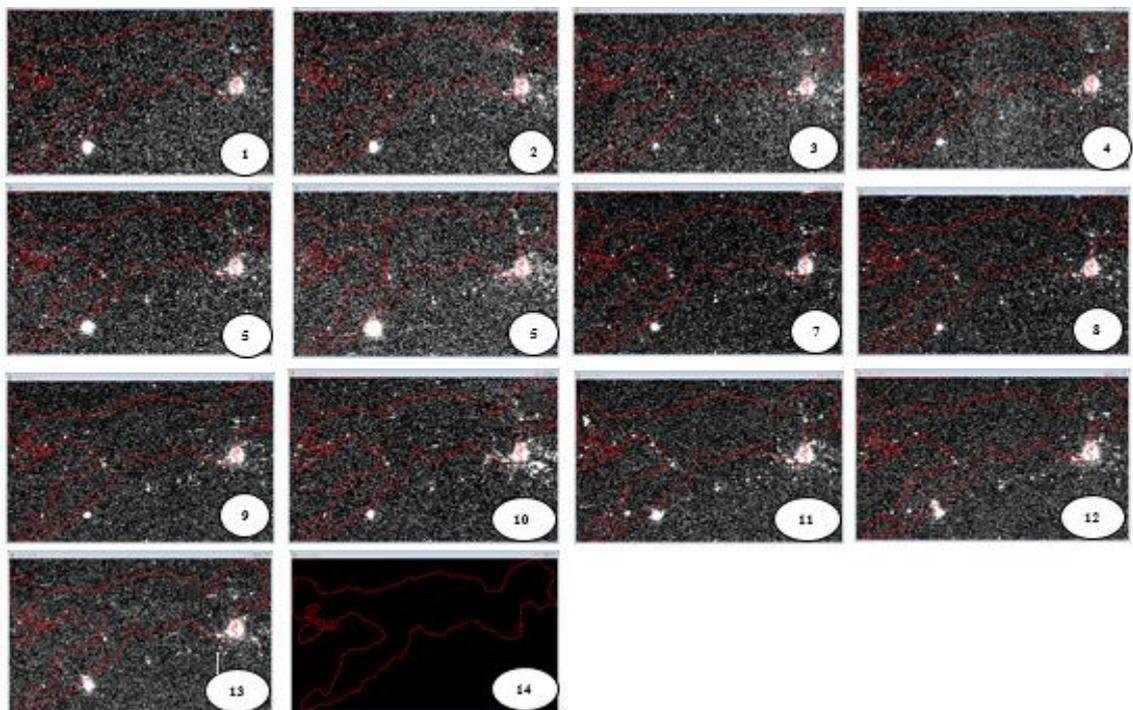
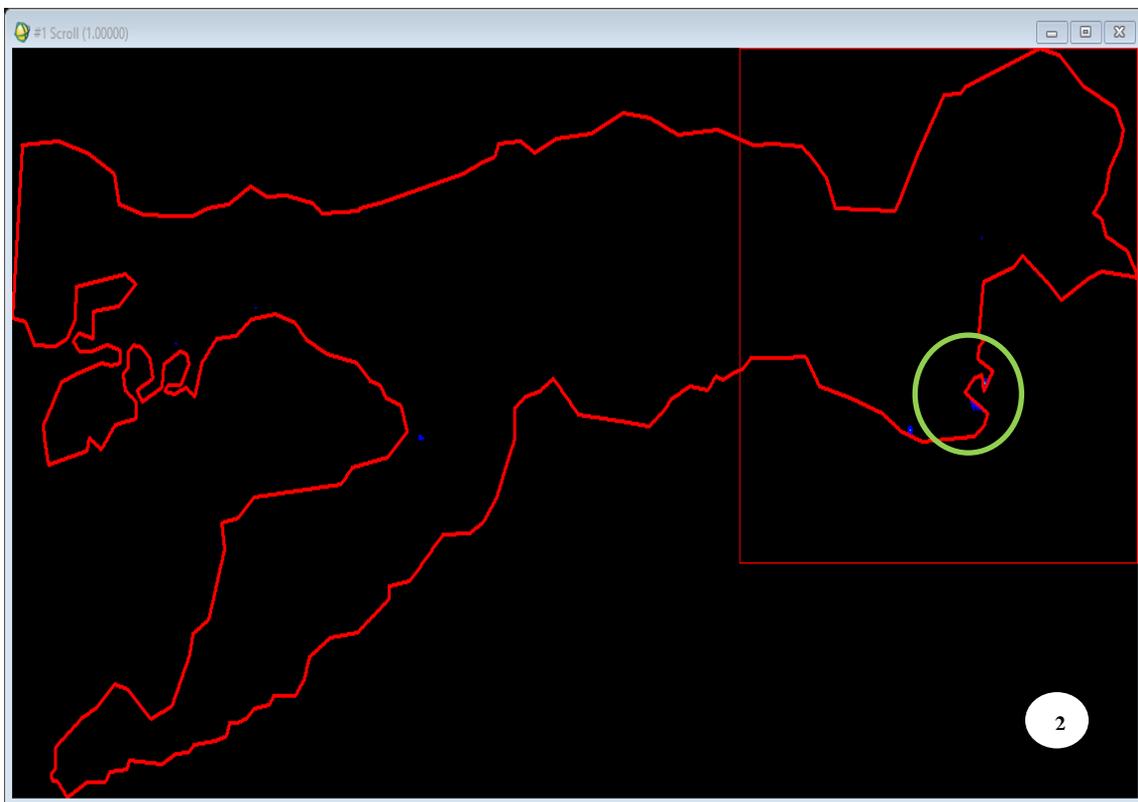


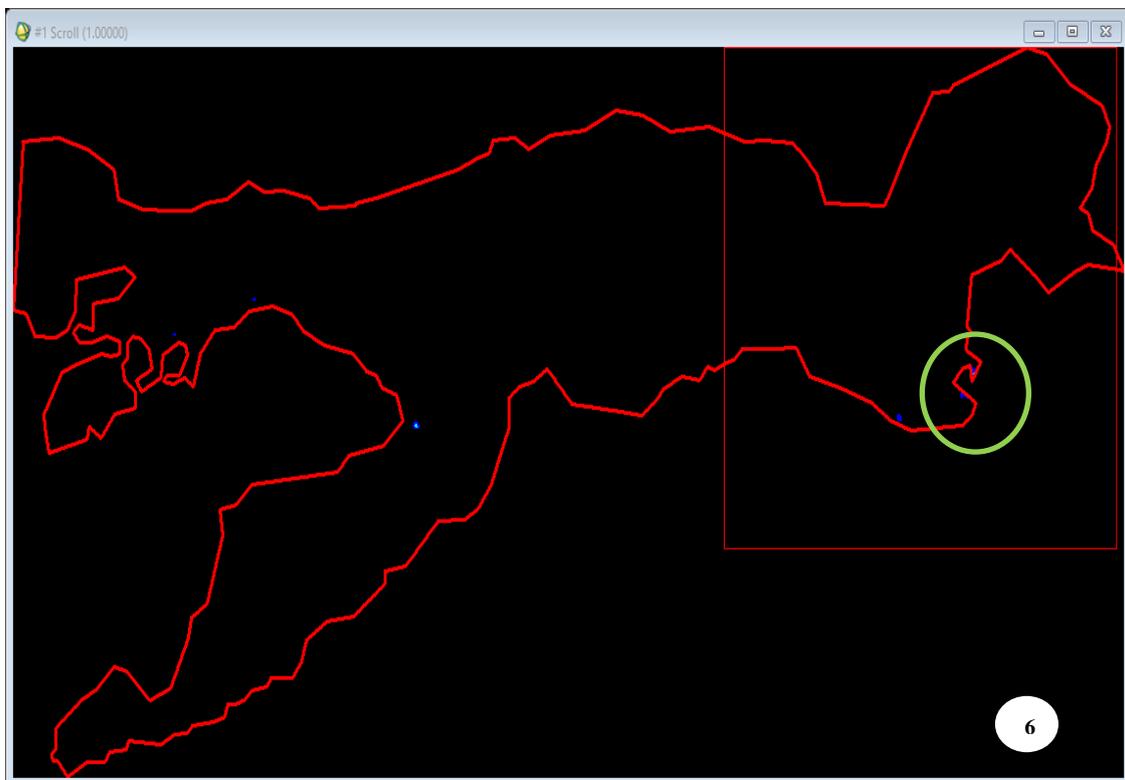
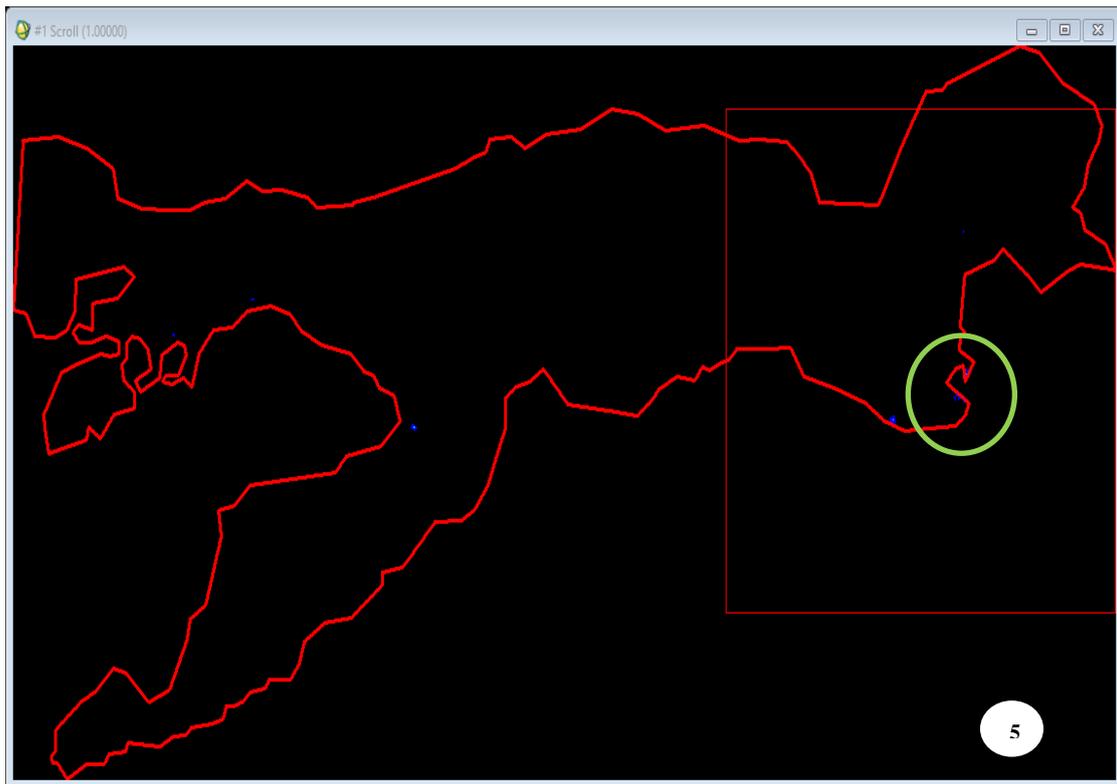
Figura 14 – Imagens Anuais do NTL de 2000 a 2013. (1) 2000; (2) 2001; (3) 2002; (4) 2003; (5) 2004; (6) 2005; (7) 2006; (8) 2007; (9) 2008; (10) 2009; (11) 2010; (12) 2011; (13) 2012; (14) 2013.

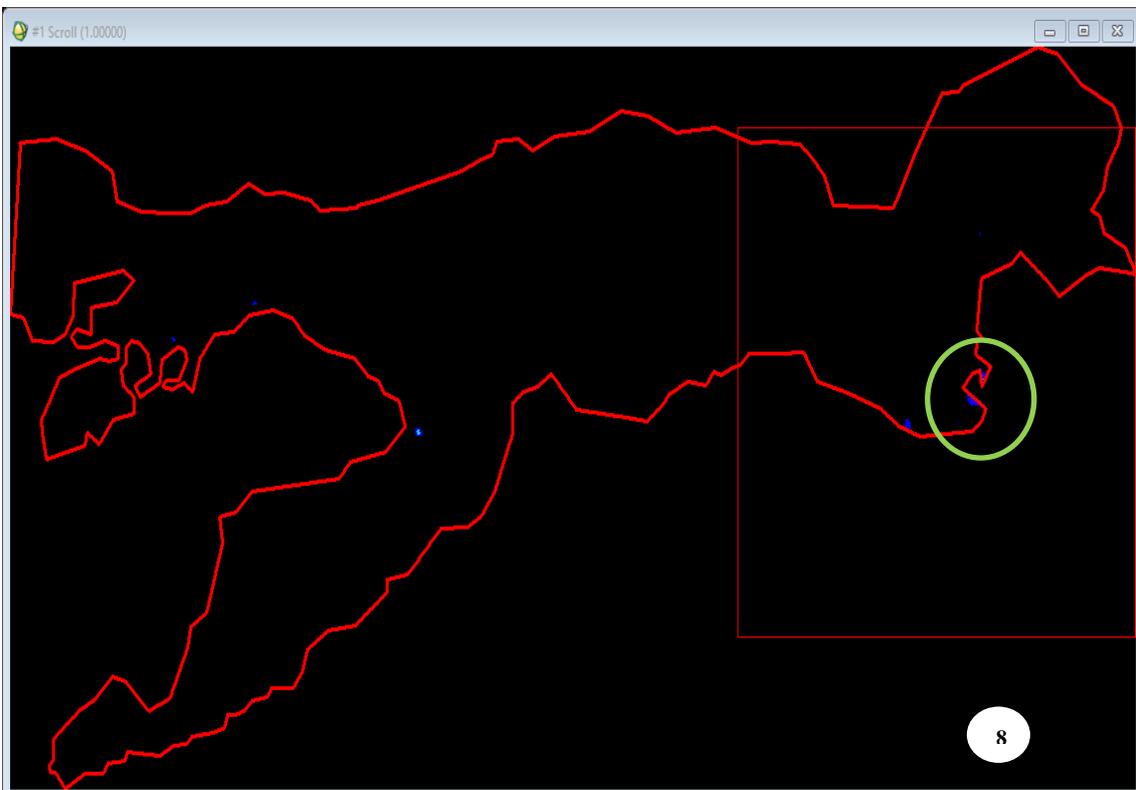
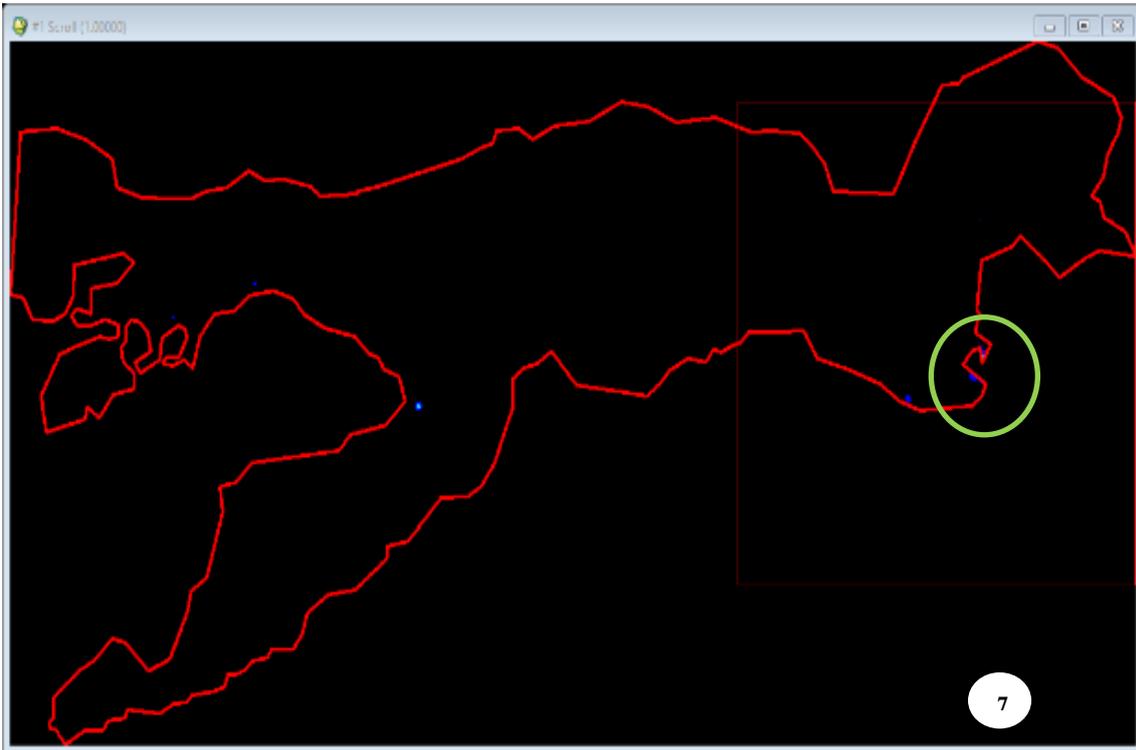


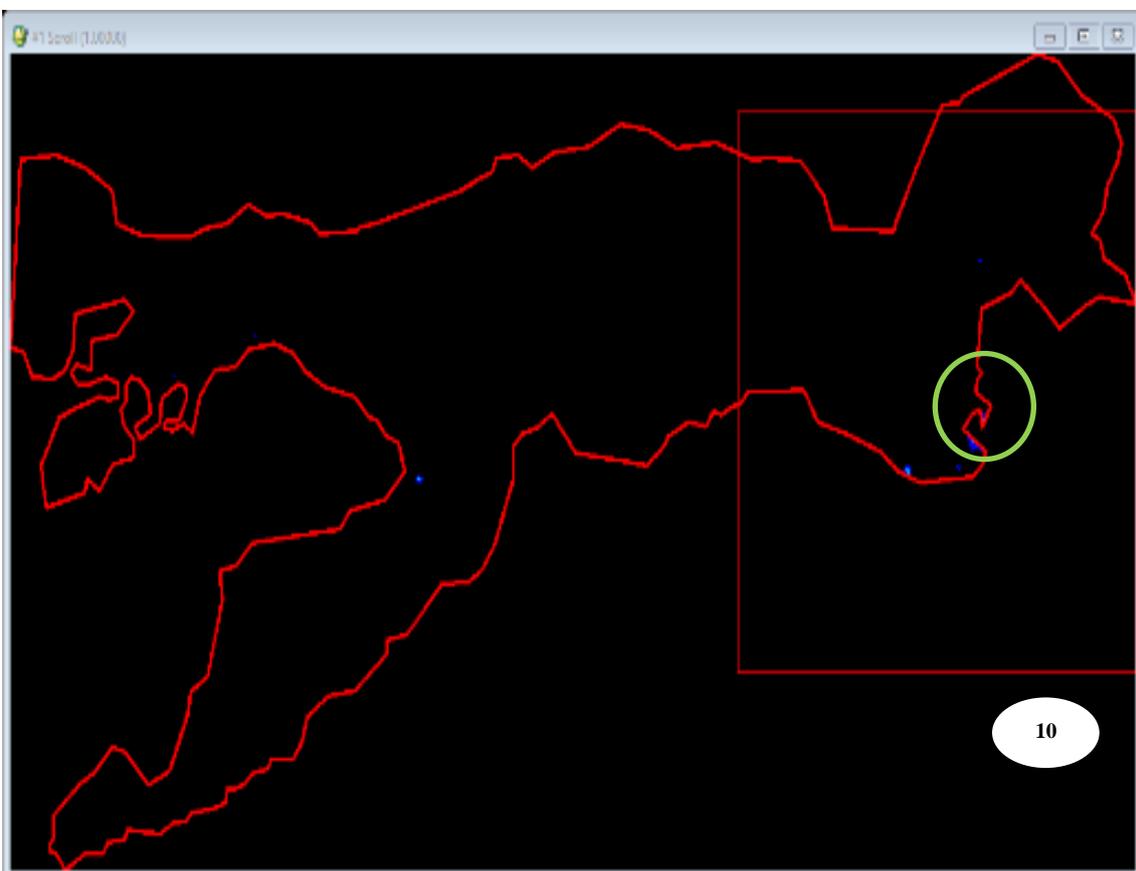
Os dados obtidos a partir do processamento pelo índice VANUI estão representados pelas imagens da **figura 15**.

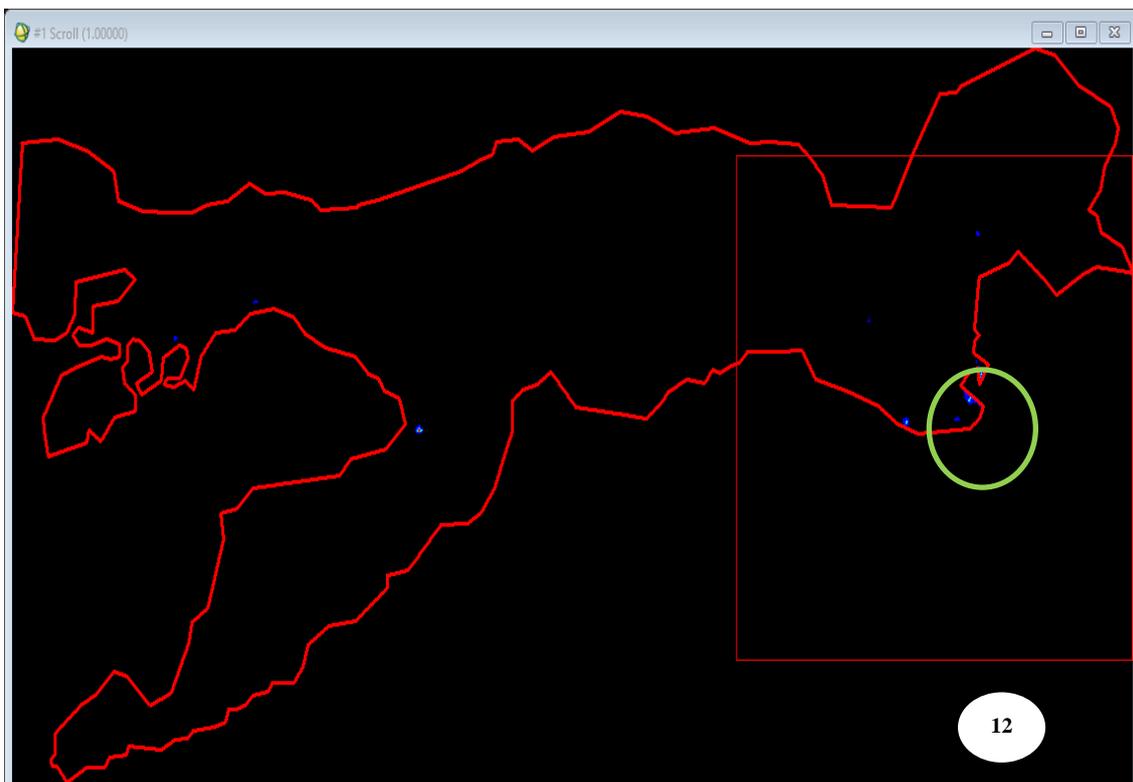












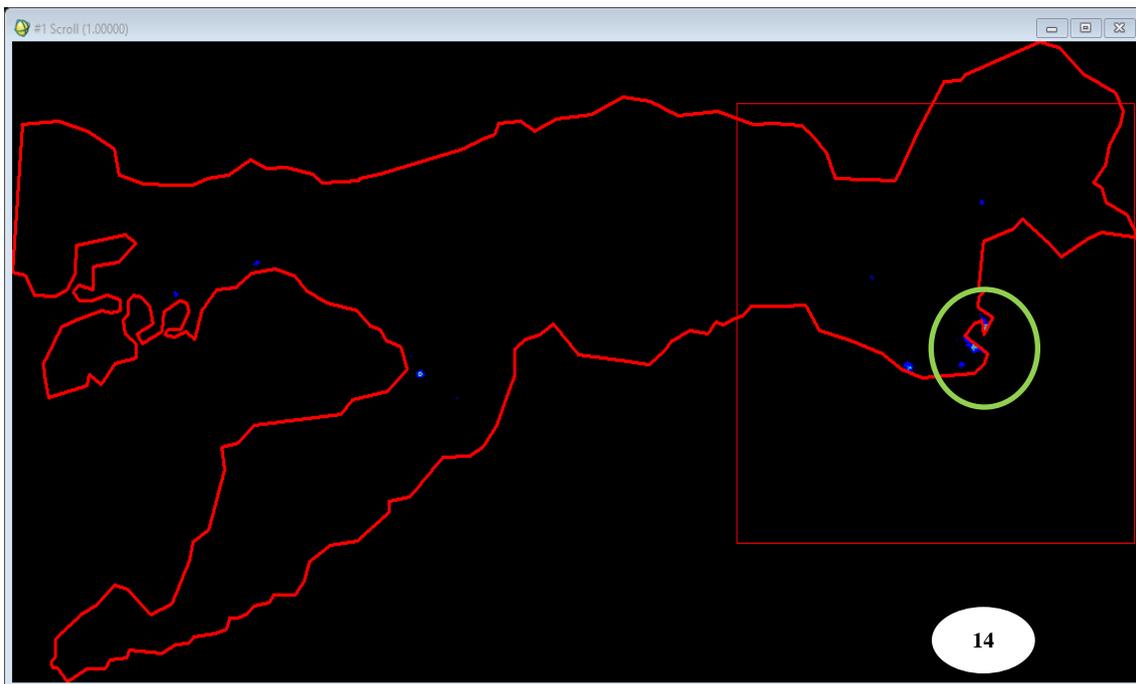


Figura 15 – Imagens do ano 2000 a 2013 com a utilização do índice VANUI com o círculo verde representando a área de expansão da cidade de Manaus dentro da REBAC. (1) 2000; (2) 2001; (3) 2002; (4) 2003; (5) 2004; (6) 2005; (7) 2006; (8) 2007; (9) 2008; (10) 2009;

Os dados relativos ao tamanho das áreas com presença de luz noturna (mancha urbana) dentro da REBAC foram obtidos no programa ENVI que nos deu os valores em quilômetros quadrados (km²) (**Figura 16**).

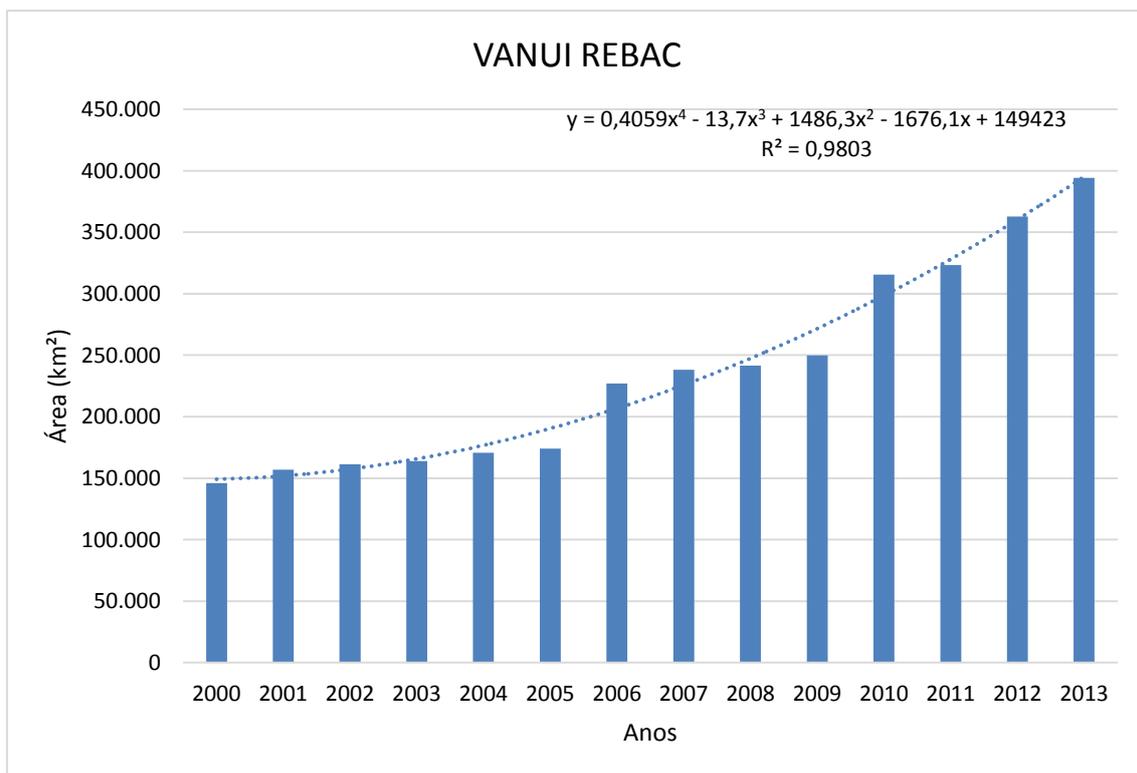


Figura 16 – Gráfico com valores em km² da mancha urbana ano a ano obtidos pelo índice Vanui com análise estatística do r²

Os dados passaram por uma classificação unidimensional, por meio do fatiamento, que se baseou no formato do histograma da imagem VANUI, buscando-se o ponto de inflexão, ou o limiar também utilizado por Baptista (2015), no qual, 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.

A análise estatística, descritiva e inferencial dos valores foi realizada com suporte do software Microsoft Excel 2013. Ajustando-se os dados a uma regressão, observou-se que a regressão polinomial de ordem dois, ou quadrática, apresentou melhor coeficiente de determinação para o estudo e que forneceu um valor de R² = 0,98 (**Figura 16**).



A partir dessa inferência, pode-se inferir que a área de mancha urbana continuará crescendo dentro da REBAC ao longo do tempo, visto que a função quadrática é uma função crescente a partir do lado direito da curva. Pode-se perceber que o ponto de mínimo da curva foi o ano de 2003.

Ao longo de todo o período analisado houve aumento na área total da mancha urbana, pois a mesma não se reduz com o passar do tempo tendo os anos de 2006 e 2010 os maiores aumentos da área de mancha urbana se comparados com o ano anterior - um aumento de 52.912 km² no ano de 2006 e de 65.626 km² no ano de 2010, representando um aumento corresponde a 30,39% e 21,17% da área com luz noturna que havia no ano anterior (Analisar **Figura 16**).

Observou-se que no período de 2000 a 2013 houve oscilações da luz noturna dentro da REBAC, variando-se de 145.935 km² em 2000 para 394.279 km² no ano de 2013. Nota-se, portanto, que a área de mancha urbana máxima ocorreu no ano de 2013 com 394.279 km², o que representa mais do dobro ocorrido no ano 2000. Comparando-se as imagens VANUI de 2000 e 2013 após a aplicação da máscara, já são visíveis diferenças quanto a quantidade e intensidade de luz noturna (mancha urbanas), bem como é notável o aparecimento de pontos, antes não existentes, o que gerou uma grande diferença de 172.390 km² a mais no ano de 2013 com relação ao ano de 2000. A maior concentração de luz noturna dentro da reserva se encontra nos arredores da cidade de Manaus-AM.

O aumento da área de luz noturna (mancha urbana) principalmente em torno da cidade de Manaus-AM se deve principalmente pelo grande aumento populacional.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano 2000 o número de habitantes era de 1.405.835, em 2010 passou para 1.802.014 habitantes e em 2013 teve uma estimativa de 1.982.179 habitantes e esse aumento populacional pode ser uma das justificativas para o aumento da mancha urbana nos arredores da cidade – dentro da reserva. Além da cidade de Manaus, outros lugares também apresentaram aumentos populacionais, pois de acordo com o IBGE a Região Norte foi a que apresentou o maior crescimento populacional entre o ano 2000 e 2010.

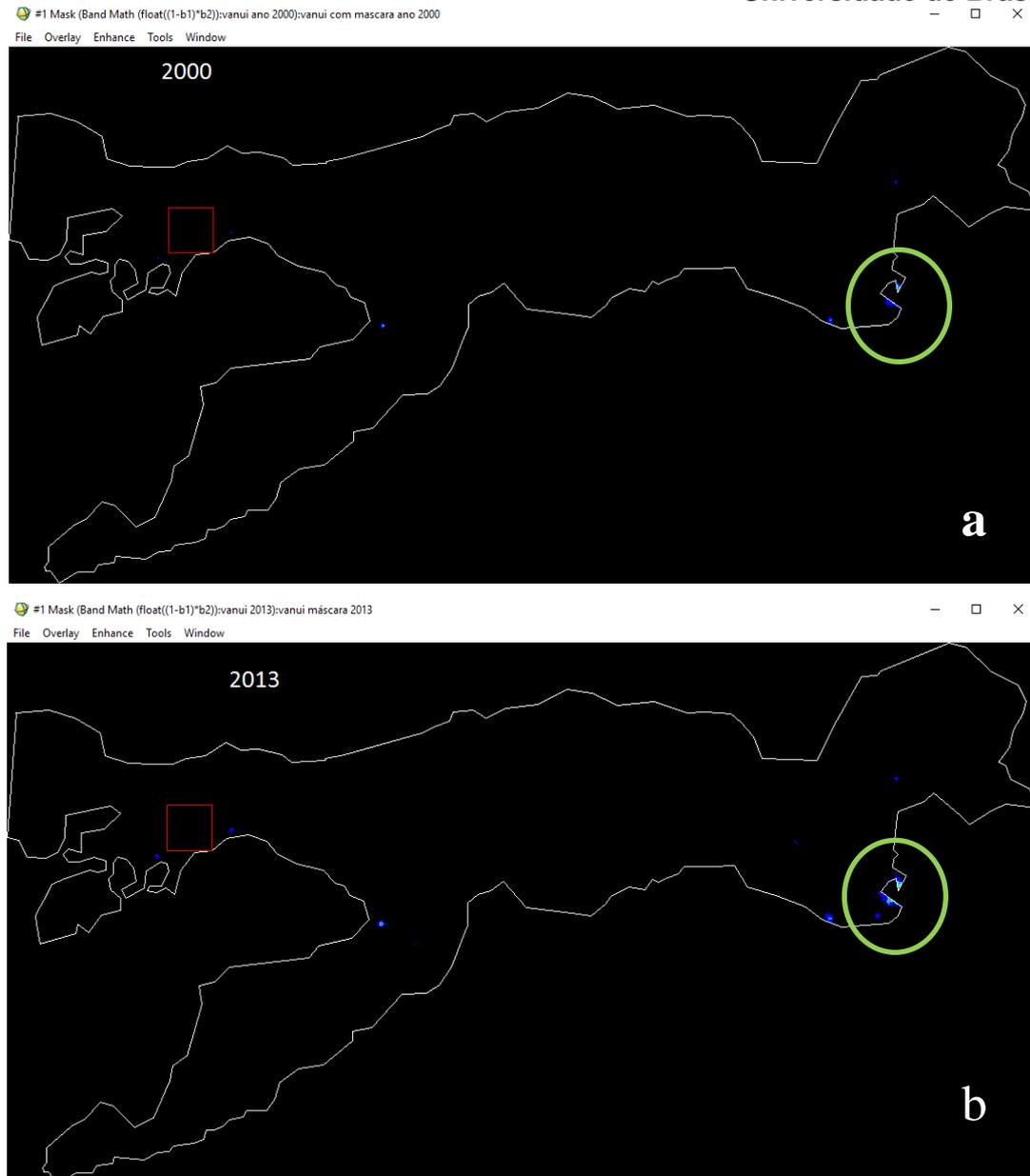


Figura 17 – Imagens VANUI referentes aos anos 2000 (a) e 2013 (b) com o círculo verde entorno da mancha urbana de Manaus dentro da REBAC.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano 2000 o número de habitantes era de 1.405.835, em 2010 passou para 1.802.014 habitantes e em 2013 teve uma estimativa de 1.982.179 habitantes e esse aumento populacional pode ser uma das justificativas para o aumento da mancha urbana nos arredores da cidade – dentro da reserva. Além da cidade de Manaus, outros lugares também apresentaram aumentos populacionais, pois de acordo com o IBGE a Região Norte foi a que apresentou o maior crescimento populacional entre o ano 2000 e 2010.



Segundo Veríssimo (2011), entre os anos de 2000 e 2006 houve um grande aumento de Unidades de Conservação na Amazônia e que este fato pode ter contribuído para a diminuição da área desmatada. Ainda segundo o mesmo autor, houve três principais razões para isso: Primeiro, a necessidade de ordenar o território e combater o desmatamento ilegal associado à grilagem de terras; segundo, a urgência em proteger regiões com alto valor biológico, e terceiro, a necessidade de atender às demandas das populações tradicionais (especialmente Resex e RDS) e de produção florestal sustentável (Flonas e Flotas). Com a criação das Unidades de Conservação, áreas de proteção ambiental passaram a ser mais fiscalizadas pelo Poder Público, que pode ter agido retirando áreas de garimpo e de retirada de madeira ilegal, pois segundo Amaral (2005) os dados NTL estão relacionados com atividades humanas mesmo em lugares sem população residente indicando as luzes à presença humana que requer algum tipo de infraestrutura, tais como a produção de mineração ou gás. Logo outros tipos de atividades humanas como madeiras, barcos e outros tipos de construções humanas, que emitam uma certa quantidade de luz também podem ser captados e consequentemente podem ter sido registrados durante os cálculos ao longo do período estudado e ter contribuído para o aumento da área de luz noturna.

Outro possível argumento que pode explicar a variação de tamanho das manchas urbanas foi a possível presença de nuvens o que na Região Amazônica é bastante comum e intenso o que pode resultar numa alteração do tamanho da área de mancha urbana detectada tendo sido isto também relatado por Baptista (2015) em seu trabalho de aumento da área de mancha urbana na Área Metropolitana de Brasília (AMB).

7 CONCLUSÃO

O presente trabalho, demonstrou que durante o período analisado o crescimento da área de luz noturna na REBAC foi de pouco mais de 170%, o que significou o aumento nesta proporção de manchas urbanas e a consequente redução da área florestal naquela região.

Demonstrou-se que também é possível a utilização dos dados NDVI e de luz noturna de dados DMSP-OLS juntamente com o índice VANUI, para se caracterizar as áreas de ocupações humanas na Reserva da Biosfera da Amazônia Central, possibilitando ainda o cálculo de sua área e sua evolução ao longo do tempo.



Por fim, o trabalho mostra-se interessante quanto ao incentivo de novos estudos na área, explorando as potencialidades dos dados de luz noturna com aplicação do índice VANUI para cada vez mais aprimorar a avaliação da ocupação e seu relacionamento com o desmatamento na REBAC.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, S., CÂMARA, G., MONTEIRO, A. M. V., QUINTANILHA, J. A., & ELVIDGE, C. D. Estimating population and energy consumption in Brazilian Amazonia using DMSP night-time satellite data. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 29, n. 2, p. 179-195, 2005.

ARCHELA, R. S. Evolução histórica da cartografia no Brasil: instituições, formação profissional e técnicas cartográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 3, n. 59, 2007.

Baptista, G. M. M. **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**. Monografia (Especialização em Inteligência do Futuro) – Núcleo Futuro, Universidade de Brasília – UNB, Brasília-DF. 2005.

BOYTE, S. P., WYLIE, B. K., MAJOR, D. J., & BROWN, J. F. The integration of geophysical and enhanced moderate resolution imaging spectroradiometer normalized difference vegetation index data into a rule-based, piecewise regression-tree model to estimate cheatgrass beginning of spring growth. **International Journal of Digital Earth**, v. 8, n. 2, p. 118-132, 2015.

BRITO, D. M. C. Áreas legalmente protegidas no Brasil: instrumento de gestão ambiental. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, n. 2, p. 37-57, 2012.

CORREIA, A. H., FORMAGGIO, A. R., SHIMABUKURO, Y. E., & DUARTE, V. Avaliação de índices de vegetação MODIS para detecção de desmatamentos na Amazônia. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 1, n. 2, p. 52-64, 2006.



DA SILVA, G. J. F.; ALMEIDA, N. V. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE PARARI-PB: UMA ANÁLISE POR MEIO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Revista Geografar**, v. 10, n. 2, p. 140-164, 2016.

DOS SANTOS GALVANIN, Edinéia Aparecida et al. Avaliação dos Índices de Vegetação NDVI, SR e TVI na discriminação de fitofisionomias dos ambientes do Pantanal de Cáceres/MT. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 707-715, 2014.

DOYLE, PMMC. **Reserva da biosfera do Cerrado no Distrito Federal**. 2009.

EODIS (NASA's Earth Observing System Data and Information System). Disponível em:

<http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/#utf8=%E2%9C%93&spatial_map=satellite&spatial_type=rectangle&keywords=MODIS> Acesso em: 03/04/2016

ESCADA, M. I. S., MONTEIRO, A. M. V., AGUIAR, A. D., CARNEIRO, T. G. S., & CÂMARA, G. Análise de padrões e processos de ocupação para a construção de modelos na Amazônia: Experimentos em Rondônia. **XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Anais... Goiania: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, 2005.

FERNANDES, P. J. F.; DE MORISSON, V. M. Relações entre dados srtm e classes geomorfológicas do projeto Radambrasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 4, 2013.

FERREIRA, L. V., VENTICINQUE, E. & ALMEIDA, S. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos avançados**, v. 19, n. 53, p. 157-166, 2005.

FIGUEIREDO, D. Conceitos básicos de sensoriamento remoto. **Companhia Nacional de Abastecimento-CONAB. Brasília-DF**, 2005.

FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na geografia aplicada: difusão e acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 17, p. 24-29, 2011.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. Oficina de textos, 2002.



GALO, M. L. B. T. **Aplicação de redes neurais artificiais e sensoriamento remoto na caracterização ambiental do parque estadual morro do diabo.** 2000. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2000.

GAMBA, S. R. .H; SANO, E. E.; ROCHA, M. P. Identifying vessels from airborne synthetic aperture radar images (R-99 SAR) in the coastal area of Brazil. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 17, n. 3, p. 458-475, 2011.

GIACOMONI, M. H. Estimativa da evapotranspiração regional por meio de técnicas de sensoriamento remoto integradas a modelos de balanço de energia: aplicação no estado do Rio Grande do Sul. 2005.

HUETE, A. R., LIU, H. Q., BATCHILY, K. V., & VAN LEEUWEN, W. J. D. A. 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.

IBGE. **Amazonas, Manaus, infográficos: dados gerais do município.** Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=130260&search=amazonas|manaus|infograficos:-dados-gerais-do-municipio>. [Acedido em: 25 de maio de 2016]

INPE. **Monitoramento da cobertura florestal da Amazônia por satélites.** Coordenação geral de observação da terra. São José dos Campos, 20 de junho de 2014

Instituto Brasileiro de Florestas. **Bioma Amazônico.** Disponível em: <http://www.ibflorestas.org.br/bioma-amazonico.html?gclid=CP-x4-up18wCFUsFkQodWsQM0A> [Acesso em: 13 de maio de 2016]

KAMPEL, Silvana Amaral. **Geoinformação para estudos demográficos: Representação Espacial de Dados de População na Amazônia Brasileira.** 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

LATORRE, Marcelo Lopes et al. Integração de dados de sensoriamento remoto multi resoluções para a representação da cobertura da terra utilizando campos contínuos de vegetação e classificação por árvores de decisão. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 25, n. 1, p. 63-74, 2007.



LI, X. & ZHOU, Y. Urban mapping using DMSP/OLS stable night-time light: a review. **International Journal of Remote Sensing**, p. 1-17, 2017.

LIU, W. T H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Oficina de Textos, 2015.

LP DAAC (Land Processes Distributed Active Archive Center). Version 4 DMSP-OLS **Nighttime Lights Time Series**. USGS-NASA. Disponível em:

<<http://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/downloadV4composites.html>> [Acesso em: 03/04/2016]

Ma, T., Zhou, Y., Zhou, C., Haynie, S., Pei, T., & Xu, T. Night-time light derived estimation of spatio-temporal characteristics of urbanization dynamics using DMSP/OLS satellite data. **Remote Sensing of Environment**, v. 158, p. 453-464, 2015.

MaB/UNESCO. **O programa MAB e as Reservas da biosfera**. 2001. Disponível em: http://www.rbma.org.br/mab/unesco_01_oprograma.asp. [Acesso em: 13 de maio de 2016]

MaB/UNESCO. **Reserva da Biosfera da Amazônia Central**. 2001. Disponível em: http://www.rbma.org.br/mab/unesco_03_rb_amazonia.asp [Acesso em: 13 de maio de 2016]

MaB/UNESCO. **Reservas da Biosfera do Brasil**. 2016. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80252/REDE%20RB/LIVRO_Reservas%20da%20Biosfera%20Brasileira_FINAL_WEB.pdf>. [Acesso em: 23/02/2017].

MARTINEZ, H. S. **Uso do sensoriamento remoto para detectar neossolos quartzarênicos: estudo de caso em Cianorte-PR**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2015.

MENESES, P. R., ALMEIDA, T. D., ROSA, A. N. D. C. S., SANO, E. E., SOUZA, E. B. D., BAPTISTA, G. M. D. M., & BRITES, R. S. Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. **Brasília: UNB/CNPq**, 2012.

Ministério do Meio Ambiente. **Convenção da Biodiversidade. 1992**. Disponível em: www.mma.gov.br/estruturas/sbf_dpg/_arquivos/cdport.pdf [Acesso em: 13/02/2017]

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. & KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. Oficina de Textos, 2015.



REMPEL, C. Aplicação do sensoriamento remoto para determinação da evolução da mata nativa da Bacia Hidrográfica do rio Forqueta-RS, entre 1985 e 1995. 2000.

ROY, D. P., KOVALSKYY, V., ZHANG, H. K., VERMOTE, E. F., YAN, L., KUMAR, S. S., & EGOROV, A. Characterization of Landsat-7 to Landsat-8 reflective wavelength and normalized difference vegetation index continuity. **Remote Sensing of Environment**, v. 185, p. 57-70, 2016.

SILVA, M F. **Uma análise do bioma caatinga no município de Gado Bravo-PB através do Índice Vegetação por Diferença Normalizada**. 2016. Dissertação de Mestrado (Ciência e Tecnologia Ambiental). Universidade Estadual da Paraíba, 2016.

Vasconcelos, P. G. D. A. **Determinantes do desmatamento na Amazônia brasileira**. Dissertação de Mestrado. Brasília: Universidade de Brasília – UnB. 2015.

VERÍSSIMO, A., ROLLA, A., VEDOVETO, M., & FUTADA, S. D. M. **Áreas Protegidas na Amazônia Brasileira: avanços e desafios**. 2011.

YENGOH, G. T., DENT, D., OLSSON, L., TENGBERG, A. E., & TUCKER, C. J. The use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to assess land degradation at multiple scales: a review of the current status, future trends and practical considerations. **Lund University Center for Sustainability Studies (LUCSUS), and the Scientific and Technical Advisory Panel of the Global Environment Facility (STAP/GEF)**, 2014.

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**, v. 129, p. 32-41, 2013.

ZHU, Z., BI, J., PAN, Y., GANGULY, S., ANAV, A., XU, L. & MYNENI, R. B. Global data sets of vegetation leaf area index (LAI) 3g and Fraction of Photosynthetically Active Radiation (FPAR) 3g derived from Global Inventory Modeling and Mapping Studies (GIMMS) Normalized Difference Vegetation Index (NDVI3g) for the period 1981 to 2011. **Remote Sensing**, v. 5, n. 2, p. 927-948, 2013.