

## Detecção temporal da cobertura vegetal com uso do NDVI no município de Lauro de Freitas no estado da Bahia

Fábيا Antunes Zaloti<sup>1</sup>  
Orlando Demétrio Zaloti Junior<sup>2</sup>  
Dária Maria Cardoso Nascimento<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal da Bahia - UFBA  
Rua Barão de Jeremoabo, s/n, Campus Universitário de Ondina,  
CEP: 40.170-020 - Salvador - BA, Brasil  
fabia.zaloti@gmail.com  
daria@ufba.br

<sup>2</sup> ozaloti@yahoo.com

**Abstract.** This study aims to identify and quantify the land cover with the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) at Lauro de Freitas municipality. It was used Landsat 5 and 8 images of 1984 and 2016, respectively. The municipality has a population increase of 1553% between 1970 and 2010 causing a demand for more dwellings and urban infrastructures such as services and basic sanitation which are pressure factors under the land cover. The NDVI is an index that relates the reflectance values of the targets in the near infrared and red bands. These are bands of electromagnetic spectrum where the vegetation reflects and absorbs radiation, respectively. It was used as reference land cover data collected in the field to evaluate the NDVI intervals. Classes in 1984 were: < 0,48 - no vegetal coverage; 0,48 to 0,63 - grasses or pasture; and 0,63 to 0,82 - vegetal coverage, represent 24.06%, 28.89% and 47.05% of the study area, respectively. In 2016 the classes were: < 0,69 - no vegetal coverage; 0,69 to 0,80 - grasses or pasture; and 0,80 to 0,96 - vegetal coverage, demonstrated 51.28%, 14.27% and 34.45%, respectively. In 2016, there was a decrease of 26,76% and 50,64% in vegetal coverage and grasses and pasture classes, respectively, and an increase of 113,14% in no vegetal coverage class at study area.

**Palavras-chave:** vegetation index, digital image processing, land cover, time detection, índice de vegetação, processamento digital de imagens, cobertura vegetal, análise temporal.

### 1. Introdução

A população do município de Lauro de Freitas sofreu um acréscimo de 1.553% entre 1970 e 2010 (IBGE, 2011). Este aumento na população urbana gerou mudanças na paisagem, com a substituição da cobertura vegetal dos ambientes de floresta ombrófila e costeiro, restinga, manguezal e, estuarino pelas atividades humanas. As alterações da cobertura vegetal podem apresentar riscos à proteção dos mananciais dos rios Joanes-Ipitanga, por ser o principal sistema fornecedor de água para a Região Metropolitana de Salvador (RMS). Visando a proteção da área foi criada a unidade de conservação da categoria de Área de Proteção Ambiental (APA) de Joanes-Ipitanga, pelo decreto Estadual nº 7.596 de 5 de junho de 1999 (BAHIA, 1999). No decreto está previsto a delimitação da zona de preservação da vida silvestre, sendo uma das áreas de relevância para preservação as áreas com vegetação ombrófila em estágio médio de regeneração.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é o mais conhecido índice de vegetação. Relaciona, de modo não-linear, os valores de reflectância nas regiões do infravermelho próximo (IVP) com o do vermelho. Normalmente, a vegetação absorve muito a radiação eletromagnética do visível (banda do vermelho) para o processo de fotossíntese e reflete muito a radiação do IVP, que pode causar um superaquecimento capaz de danificar o tecido vegetal (Gates, 1980). O NDVI é utilizado para a verificação do vigor da cobertura vegetal (Moreira, 2012).

O presente artigo tem como objetivo realizar uma análise temporal da cobertura vegetal na área de estudo utilizando o NDVI em 1984 e 2016, com imagens dos satélites Landsat 5 e 8, no município de Lauro de Freitas no estado da Bahia.

## 2. Metodologia de Trabalho

### 2.1 Caracterização da Área de Estudo

O município de Lauro de Freitas, que possui uma área de 57,69 km<sup>2</sup>, está localizado entre as coordenadas geográficas 38° 17' 15" a 38° 22' 50" de longitude (Oeste de Greenwich) e 12° 47' 12" a 12° 54' 27" de latitude (Sul) e integra a Região Metropolitana de Salvador (RMS) na Bahia. A Figura 1 ilustra as áreas do município e da APA Joanes-Ipitanga.

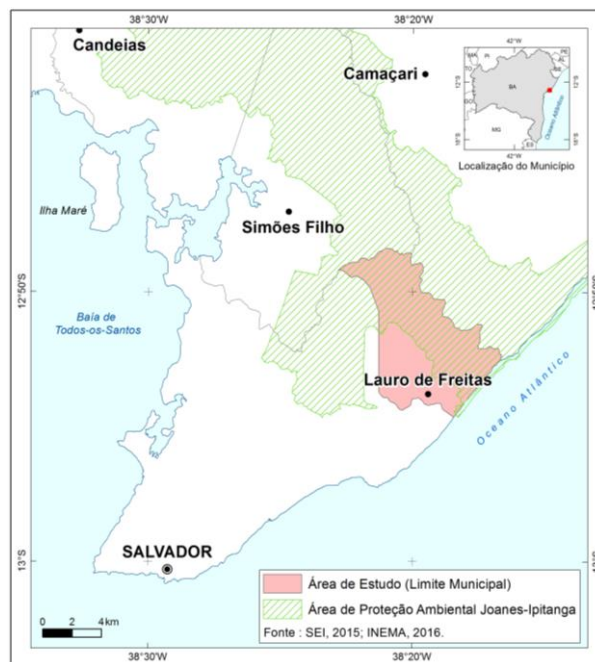


Figura 1. Localização da área de estudo.

Na década de 70, o município passou por rápido crescimento, devido à expansão urbana da capital Salvador, principalmente das populações migrantes de baixa renda para o bairro Itinga que era uma área totalmente rural na época.

O clima da área de estudo é úmido, conforme mapa de tipologia climática - segundo Thornthwaite (SEI, 1998). A pluviometria média anual é de 1900 a 2000 mm, com concentração das chuvas nos meses de abril a julho (outono e inverno) e ausência de meses secos, sendo 2 meses menos úmidos de novembro a fevereiro (primavera e verão). O relevo é composto por Planícies Marinha e Fluvio-marinha Zona Úmida - Manguezais e Brejos, Terraços Marinhos Holocênicos, Depósitos de Leques Aluviais Pleistocênicos, Tabuleiros Costeiros, e Tabuleiros Pré-Litorâneos e Depósitos Fluviais Indiferenciados (Esquivel, 2016). Os solos principais são os Espodosolos, Argissolos e Neossolos. A vegetação predominante é de Floresta Ombrófila Densa (secundária), e na área litorânea do município, Formações Pioneiras com Influência Marinha e Fluvio-marinha (Restinga e Manguezal) (SEI, 2007 e 2012).

### 2.2 Materiais e Métodos

Para geração do NDVI foram utilizadas as imagens dos satélites Landsat 5 e 8, mais especificamente dos sensores Thematic Mapper (TM) (bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 6) e Operational Land Imager (OLI) (bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7). Essas imagens foram coletadas nas datas de 19/07/1984 e 13/09/2016, respectivamente, na órbita-ponto 215-069. A escolha das datas das

imagens foi em razão de pertencerem ao mesmo período de excedente de água, segundo o balanço hídrico determinado para a área de estudo, e terem menor cobertura de nuvens nestas cenas.

O formato disponibilizado é o GeoTIFF, com 8 e 16 bits (Landsat 5 e 8, respectivamente), na projeção cartográfica UTM no sistema geodésico de referência WGS 84. Estas imagens estão classificadas como produto nível 1 (Level 1) e são ortorretificadas. As imagens foram obtidas a partir do aplicativo na internet *Earth Explorer* (USGS, 2016).

Foram realizadas as seguintes operações nas imagens: calibração radiométrica, correção atmosférica, geração das imagens NDVI, conversão das imagens NDVI para modelos numéricos do terreno (MNT) e fatiamento das classes do índice de vegetação. A Figura 2 ilustra as operações realizadas:

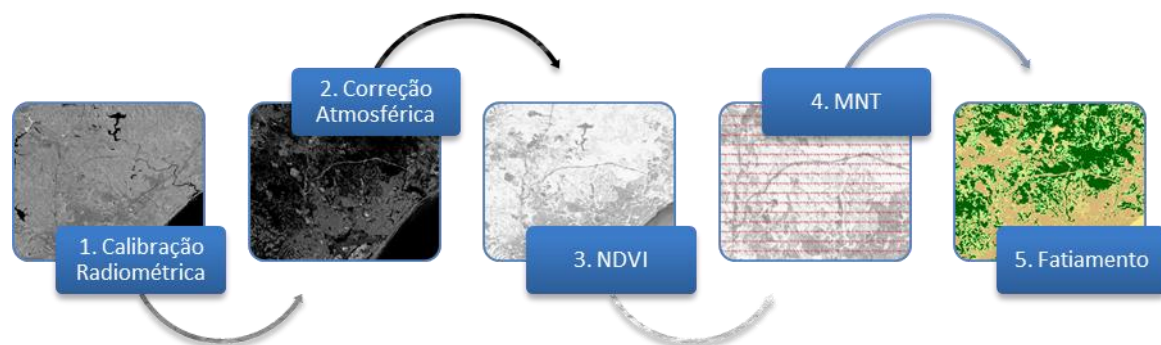


Figura 2. Fluxo das operações realizadas.

O NDVI é um índice independente de sensor, pois a razão é expressa em termos de parâmetros físicos, como a reflectância (Schowengerdt, 2007). Às bandas foram aplicadas a calibração radiométrica e a correção atmosférica, utilizando o método QUAC do *software* ENVI versão 5.3.1, obtendo-se as imagens reflectância de superfície.

Como exposto por Ponzoni et al. (2015), a não conversão dos números digitais das imagens em valores físicos, na elaboração de imagens índice de vegetação, pode levar a erro grave, pois os números digitais não estão em uma mesma escala radiométrica nas diferentes bandas, implicando que um determinado valor de número digital, em uma determinada imagem de uma banda específica, não corresponde à mesma intensidade de radiação medida ou representada pelo mesmo valor de número digital em uma imagem de outra banda espectral.

É um índice que, por ser uma razão, reduz muitas formas de ruídos multiplicativos, tais como: algumas variações topográficas, algumas atenuações atmosféricas, diferença de iluminação solar e sombras de nuvem, presentes em múltiplas bandas de imagens de múltiplas datas. Porém, pode ser influenciado por ruídos aditivos como a radiância de trajetória atmosférica. É também sensível às variações do substrato sob o dossel; valores de NDVI são altos com substratos mais escuros (Jensen, 2011).

As imagens NDVI resultantes, em tons de cinza, foram fatiadas em intervalos (Moreira, 2012). Os intervalos propostos por Weier e Herring (2000) são: valores de NDVI menores que 0,1 correspondem a áreas rochosas, areia ou neve; valores entre 0,2 e 0,3 correspondem a gramínea ou vegetação arbustiva; valores entre 0,6 a 0,8 indicam florestas temperadas ou tropicais, em uma escala global.

Para área de estudo foram testados vários valores pois os intervalos indicados por Weier e Hering (2000) generalizaram os resultados. Foram considerados também como referência os valores do estudo de Benedetti et al (2011). Nesta etapa utilizou-se as imagens de satélites Landsat 5 e 8 com composição colorida com as bandas infravermelho próximo - IVP(R), infravermelho médio - IVM(G), vermelho - V(B), onde procurou-se validar os intervalos

adotados. Além disso, utilizou-se as fotografias com coordenadas (*geotagged photos*) registradas *in loco*. As Figuras 3, 4 e 5 ilustram o processo de validação dos intervalos do NDVI com a composição colorida e as fotos tomadas em campo.

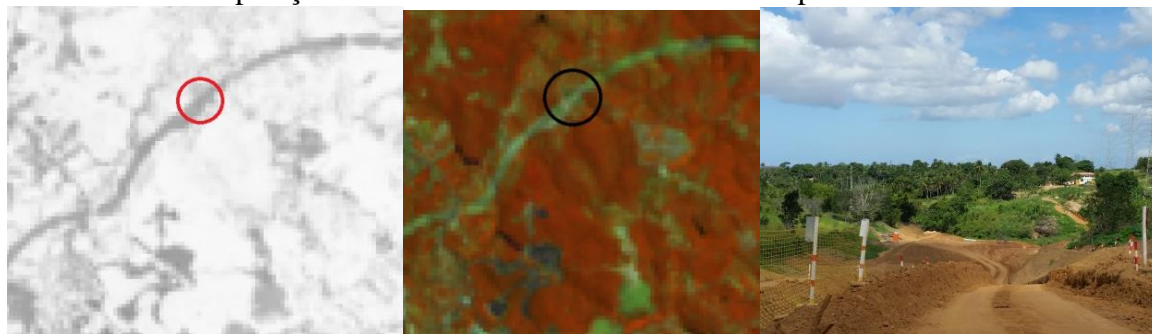


Figura 3. Exemplo de área sem cobertura vegetal em 2016, obra de implantação da Via Expressa, com valores do NDVI variando de 0,2 a 0,69.



Figura 4. Exemplo de área com cobertura vegetal em 2016 na área urbanizada do bairro Vilas do Atlântico, com valores do NDVI variam de 0,86 a 0,96.



Figura 5. Exemplo de área com cobertura vegetal em 2016 na área rural, com valores do NDVI variam de 0,86 a 0,96.

Para análise dos intervalos NDVI de 1984 foi utilizada somente a imagem NDVI e a imagem de satélite com composição usando as bandas infravermelho próximo - IVP(R), infravermelho médio - IVM(G), vermelho - V(B), conforme ilustrado na Figura 6.

Após esta verificação dos intervalos na imagem NDVI, com imagens de satélite e fotos de campos definiu-se os valores de intervalos NDVI para o fatiamento das classes a serem representadas, conforme mostra a Tabela 1.

De acordo com Benedetti et al (2011), os valores do NDVI para cada intervalo são diferentes e podem ser utilizados para definir tipologias de vegetação distintas, e que valores acima de 0,86 de NDVI indicam áreas florestais.

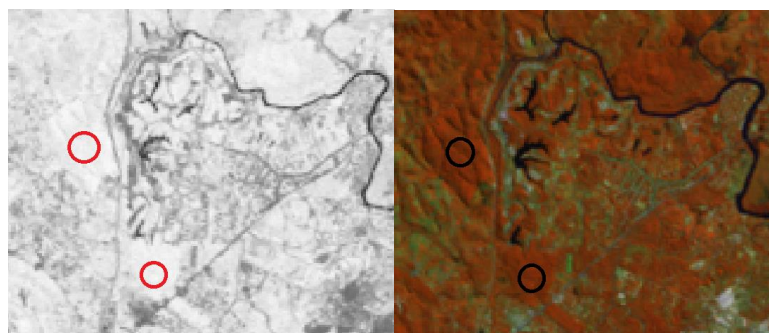


Figura 6. Exemplo de área com cobertura vegetal em 1984 na área urbanizada dos bairros de Portão e Caixa D'Água, com valores do NDVI variam de 0,63 à 0,82.

Tabela 1. Valores de intervalos NDVI para 1984 e 2016 na área de estudo, o município de Lauro de Freitas – Bahia.

Intervalos NDVI		Classes
2016	1984	
-1 à 0,69	-0,4 à 0,48	Sem Cobertura Vegetal
0,69 à 0,80	0,48 à 0,63	Campo ou Pastagem (Gramínea)
0,80 -0,96	0,63 à 0,82	Cobertura Vegetal (Arbórea/Arbustiva)

Para a geração do NDVI e o fatiamento das classes foi utilizado o *software* SPRING versão 5.4.3. Para a elaboração dos mapas foi utilizado o ArcGIS 10.4.1.

### 3. Resultados e Discussões

Os valores encontrados neste artigo são distintos entre 1984 e 2016, e foram maiores para o ano de 2016, o que pode indicar maior atividade fotossintética da vegetação existente na área de estudo na data da coleta da imagem de satélite. Os valores de NDVI encontrados ilustram que em 1984 a atividade fotossintética possivelmente não foi tão elevada, ao ser comparada com a imagem de 2016, embora as duas datas pertençam ao mesmo período no balanço hídrico (de excedente de água), no mês de setembro a vegetação provavelmente atingiu um estado de maior hidratação acumulada. Isso pode ter contribuído para as diferenças entre os valores de NDVI encontrados nas duas datas, pois a imagem mais recente é do mês de setembro.

Destaca-se que os valores dos intervalos para o fatiamento de classes de NDVI foram definidos a partir da observação das imagens referentes a um período anual, que representam respostas espectrais de duas datas. Outra observação relevante é que não foi possível considerar valores de intervalos únicos para as duas datas, pois as respostas espectrais em 1984 e 2016 foram distintas para os mesmos alvos. A padronização dos valores dos intervalos de NDVI não refletiu a realidade em relação a cobertura vegetal na área de estudo.

Os intervalos NDVI e o fatiamento das classes em 1984 encontrados foram: < 0,48 - sem cobertura vegetal; 0,48 à 0,63 - campo ou pastagem; e 0,63 à 0,82 - cobertura vegetal, que representam na área de estudo 24,06%, 28,89% e 47,05%, respectivamente. Já em 2016 os intervalos e classes foram: < 0,69 - sem cobertura vegetal; 0,69 à 0,80 - campo ou pastagem; e 0,80 à 0,96 - cobertura vegetal, e apresentam 51,28%, 14,27% e 34,45% respectivamente na área de estudo.

As áreas das classes para cada intervalo de NDVI e o percentual médio da área de cada classe são mostrados na Tabela 2 para o ano de 2016 e Tabela 3 para 1984.

Tabela 2. Áreas e percentuais dos intervalos NDVI para 2016 na área de estudo, o município de Lauro de Freitas – Bahia.

Intervalos e Classes NDVI em 2016	Área km <sup>2</sup> (2016)	% (2016)
< 0,69 - Sem Cobertura Vegetal *	29,20	51,28
0,69 à 0,80 - Campo ou Pastagem (gramínea)	8,12	14,27
0,80 à 0,96 - Cobertura Vegetal (arbórea/arbustiva)	19,62	34,45
<b>Total</b>	<b>56,94</b>	<b>100</b>

Tabela 3. Áreas e percentuais dos intervalos NDVI para 1984 na área de estudo, o município de Lauro de Freitas – Bahia.

Intervalos e Classes NDVI em 1984	Área km <sup>2</sup> (1984)	% (1984)
< 0,48 - Sem Cobertura Vegetal*	13,70	24,06
0,48 à 0,63 - Campo ou Pastagem (gramínea)	16,45	28,89
0,63 à 0,82 - Cobertura Vegetal (arbórea/arbustiva)	26,79	47,05
<b>Total</b>	<b>56,94</b>	<b>100</b>

\*Para o intervalo sem cobertura vegetal foram consideradas áreas com corpos d'água, áreas urbanizadas e áreas descobertas (solo exposto). As áreas de nuvem e sombra de nuvem para o ano de 1984 também foram incluídas neste intervalo. No ano de 2016 não ocorreram nuvem e sombra de nuvem dentro da área de estudo.

A partir das Tabelas 2 e 3, observa-se uma redução nas classes de cobertura vegetal de 26,76% e de campo ou pastagem de 50,64%, e um aumento na classe sem cobertura vegetal de 113,14% em 2016. A Figura 7 ilustra espacialmente o resultado do NDVI para as duas datas.

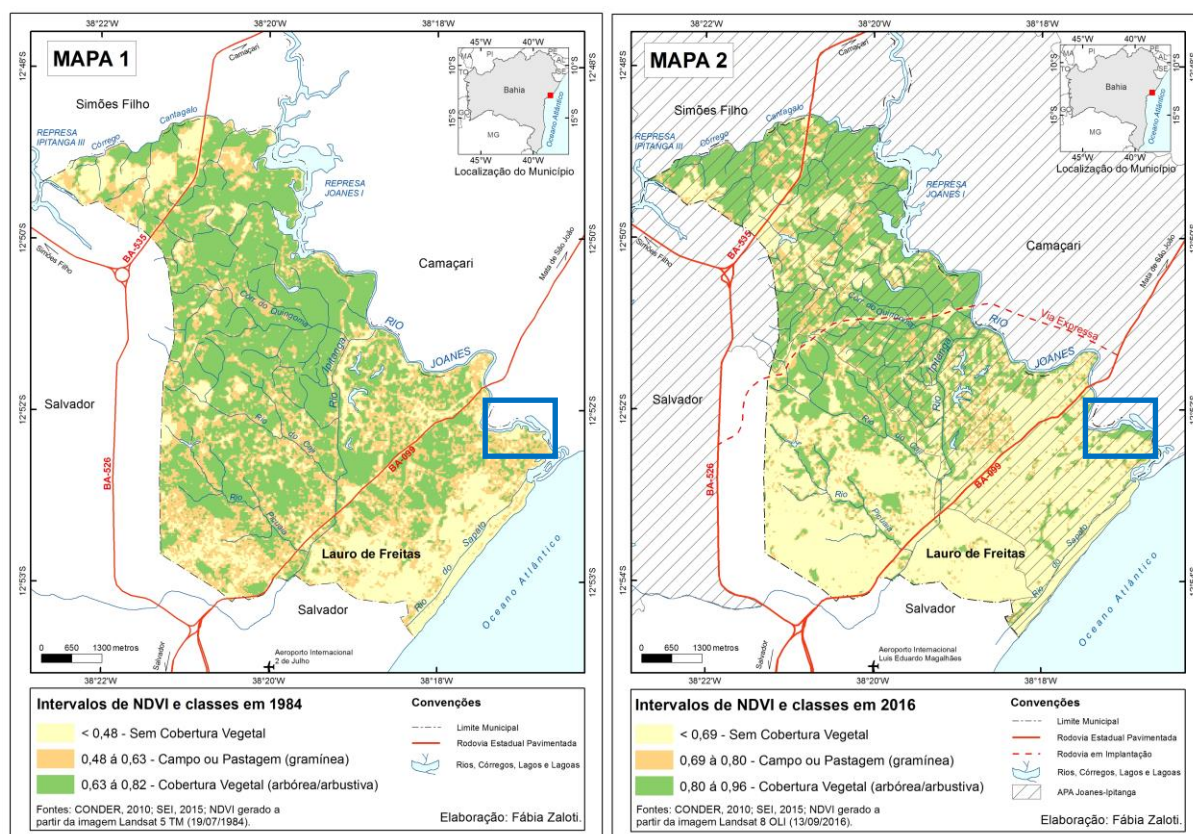


Figura 7. Mapas com os intervalos e classes de NDVI para 1984 (Mapa 1) e 2016 (Mapa 2).

Ressalta-se que a área em destaque na Figura 7 (retângulo azul) ilustra uma área de vegetação (manguezal) que sofreu um processo de regeneração, e que em 1984 não possuía vegetação.

#### 4. Conclusões

O presente trabalho apresentou um diagnóstico da cobertura vegetal ao longo de 32 anos. O NDVI mostrou-se satisfatório para o objetivo deste trabalho principalmente a partir da verificação com os dados levantados em campo, sendo uma técnica complementar para detectar mudanças temporais na cobertura vegetal.

O NDVI permitiu identificar e quantificar que a cobertura vegetal foi reduzida em 26,76%, e que as áreas que representam campo ou pastagem também foram reduzidas em 50,64% em 2016. As áreas sem cobertura vegetal, que abragem os corpos d'água, áreas urbanizadas e áreas descobertas (solo exposto), aumentaram em 113,14%, consequência da ação do mercado imobiliário (Andrade, 2005), sendo que este cenário poderá ser ampliado com a construção da Via Expressa (Mapa 2 na Figura 6).

Os resultados desse trabalho apresentaram as áreas com cobertura vegetal, a partir do NDVI, no município de Lauro de Freitas, assim como as alterações e áreas sem cobertura vegetal. Estas informações servem de subsídios para o ordenamento territorial do município, principalmente porque parte da APA Joanes-Ipitanga abrange o município. A APA visa à proteção dos mananciais dos rios Joanes-Ipitanga e preservação da vida silvestre, sendo de relevância para preservação das áreas com vegetação ombrófila em estágio médio de regeneração (BAHIA, 1999).

Para trabalhos futuros, ressalta-se a necessidade de gerar novas imagens NDVI para a área de estudo em períodos fora do excedente de água, visando a comparação da resposta espectral da cobertura vegetal em períodos mais secos.

#### Agradecimentos

Agradecimentos à Universidade Federal da Bahia - Instituto de Geociências - Programa de Pós-Graduação em Geografia, ao Laboratório de Cartografia (LACAR) e ao Grupo de Pesquisa de Cartografia aplicada a estudos ambientais e de ensino. E a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior (CAPES).

#### 4. Referências

ANDRADE, Adriano Bittencourt. A Dinâmica do Mercado Imobiliário na Configuração do Espaço de Metrópoles Periféricas: O caso de Salvador. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 10., 2005, São Paulo. **Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina**. São Paulo: USP, 2005. p. 853-869.

BAHIA (estado). Decreto n. 7.596, de 05 de junho de 1999. Cria a Área de Proteção Ambiental - APA de Joanes-Ipitanga e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado da Bahia**, Salvador, BA, 09 jun. 1999. Disponível em: <<http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/uploads/2011/09/DECRETO-N%C2%BA-7.596-DE-05-DE-JUNHO-DE-1999-Joanes-Ipitanga.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2015.

Benedetti, A. C. P.; Pereira, R. S.; Almeida, C. M.; Cardoso, C. D. V.; Hendges, E. R.; Lippert, D. B. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) do sensor Modis: aplicações para estudos de uso e cobertura da terra na Metade Sul do Rio Grande do Sul. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.6144.

Esquivel, M. S. **A Zona Costeira dos municípios do Litoral Norte e entorno da Baía de Todos-os-Santos – Estado da Bahia**: implicações para a gestão ambiental. 153 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 29/01/2016.

IBGE. **Evolução da Divisão Territorial do Brasil 1872-2010**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2011. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default\\_evolucao.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default_evolucao.shtm)>. Acesso em: 20 set. 2016.

Gates, D. M. **Biophysical Ecology**. New York: Springer-Verlag, 1980. 611p.

Jensen, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2011. 598 p.

Moreira, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 4. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2012. 422 p.

Ponzoni, J.; Shimabukuro, Y. E.; Kuplich, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2.ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2015. 176 p.

Schowengerdt, R. A. **Remote Sensing: models and Methods for Image Processing**. 3.ed. San Diego, USA: Academic Press, 2007. 515p.

SEI. **Mapa Tipologia Climática - Segundo Thornthwaite - Pluviometria 1943-1983 /Temperatura 1961-1990 - Estado da Bahia**. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia, 1998. Disponível em: <[http://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/cartogramas/pdf/carto\\_tip\\_clim.pdf](http://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/cartogramas/pdf/carto_tip_clim.pdf)>. Acesso em: 02 out. 2015.

\_\_\_\_\_. **Mapa de Cobertura Vegetal do Estado da Bahia**. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia, 2007. Disponível em: <[http://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=104&Itemid=95](http://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=104&Itemid=95)>. Acesso em: 02 out. 2015.

\_\_\_\_\_. **Sistema de Informações Municipais**. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia, 2012. Disponível em: <<http://sim.sei.ba.gov.br/sim/tabelas.wsp#>>. Acesso em: 02 out. 2015.

USGS. United States Geological Survey, 2016. imagem de satélite (órbita-ponto: 215-069 – Datas: 13/09/2016 e 19/07/1984). Canais 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e composição colorida 56 4 e 453: USGS. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 18 set. 2016 e 05 abr. 2016.

Weier, J.; Hering, D. **Measuring Vegetation (NDVI & EVI)**. Earth Observatory/NASA, 2000. Disponível em: <<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/>>. Acesso em: 20 set. 2016.