

Análise multitemporal do processo de expansão urbana do município de Parnaíba, Piauí, no período de 2000 e 2018

Deniezio dos Santos Gomes ¹

Álvaro Augusto das Montanhas Farias ¹

Guilherme Arruda Teixeira ²

Lismariane da Silva Cardoso ²

Universidade Federal de Pernambuco ¹

Universidade Federal do Piauí ²

Resumo:

Nacionalmente o processo de urbanização teve seu início a partir da década de 1950, com o advento da industrialização no Brasil, a população, nesta época, que era predominantemente rural, passou a viver nos centros urbanos em razão da concentração fundiária que limitava os espaços para o cultivo da terra e chegada da mecanização no campo. Deste modo, a partir de 1970 a população rural passou a decrescer enquanto que a população urbana teve um crescimento significativo, essa mudança de hábitos na população brasileira modificou a dinâmica dos espaços geográficos. Para o presente artigo, analisou-se o aumento da mancha urbana no município de Parnaíba, Piauí, no ano de 2000 e 2018. Foi realizado o processo de calibração das imagens por radiância e reflectância, para isso foi utilizado o *software* livre QGIS 2.14.15 para composição dos mapas. Para esta análise, além se utilizou de técnicas Sensoriamento Remoto (SR) com a aplicação dos parâmetros biofísicos NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*) e NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), índices estes que são utilizados para identificar mudanças no tecido comum na área de estudo. Com os resultados obtidos, foi possível concluir que o município de Parnaíba-PI teve um crescimento significativo em sua zona urbana para o intervalo temporal estudado, principalmente para sua zona sul e leste.

Palavras-chave: Expansão Urbana; Sensoriamento Remoto; NDVI; NDBI

1 Introdução

Em 14 de agosto de 1844, a então Vila de São João de Parnaíba, foi elevada à categoria de cidade pela Lei nº 166 promulgada pelo então Governador José Idelfonso de Souza Ramos, passando a se chamar Parnaíba. A cidade que teve um grande desenvolvimento deste período até meados de 1950, viu esse crescimento gradativamente estagnar, devido a processos de êxodo da população para a capital Teresina, desvalorização

dos produtos que eram exportados na época e falências (PIAUI, s.d). Em meados dos anos 2000, quando novas oportunidades nos setores de prestações de serviços, obras estruturantes como saneamento básico, lazer (*shoppings centers*), comércio (G1, 2012), aliados a investimentos no setor de energias renováveis, a cidade viu uma retomada da economia, e um crescente desenvolvimento do espaço urbano, crescimento este que perdura até os dias atuais. É notável que programas habitacionais do governo também têm sua parcela como agentes de transformação do meio urbano (CORRÊA, 1989).

O sensoriamento remoto que é entendido como a técnica que utiliza sensores para a captação e registro a distância, sem contato direto, da energia refletida ou absorvida pela superfície terrestre (FITZ, 2008). Ele é uma valiosa ferramenta para estudos ambientais, pois permite a realização de análises temporais em diferentes escalas (SILVA; SILVA, 2017).

O presente artigo pretende destacar a importância deste estudo para a sociedade, cujo o objetivo é analisar através de técnicas de sensoriamento remoto, utilizando-se dos parâmetros biofísicos *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) e *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) que irão demonstrar as mudanças ocorridas no espaço ao longo do intervalo temporal, podendo delimitar e representar melhor a ascensão das áreas construídas no município de Parnaíba, Piauí, entre os anos de 2000 e 2018.

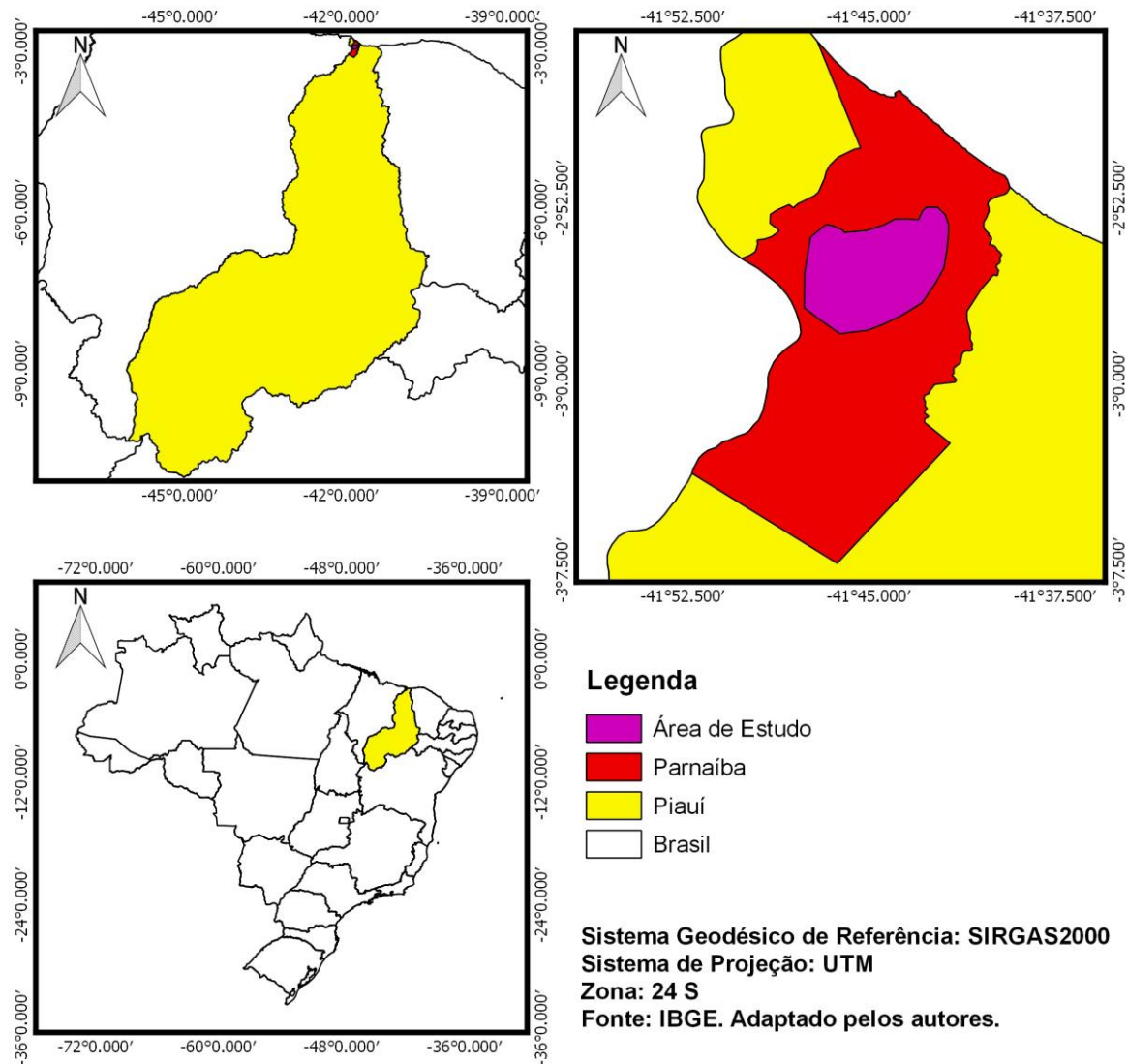
2 Materiais e Métodos

2.1 Caracterização da área

O município de Parnaíba, situa-se no extremo norte do Estado do Piauí, dista 339 km da capital, Teresina. Possui coordenadas geográficas latitude 2°54'185" S, longitude 41°46'37" W, com altitude média em relação ao nível médio do mar de 13 m, tem cerca de 434,229 km² de extensão territorial e clima Tropical Quente Úmido (PIAUI, s.d). No quesito bioma, Parnaíba se encontra predominantemente coberta pelos biomas Caatinga e Cerrado. A população do município conforme estimativas do IBGE (2018) é de aproximadamente 152.653 habitantes, fazendo do município o segundo mais populoso do estado, perdendo apenas para a capital Teresina. Na figura 1, trazemos um mapa de localização do município de Parnaíba e a área de estudo que é a zona urbana do mesmo.

Destaca-se que o perímetro urbano foi recortado com um *shapefile* extraído a partir do *Google Earth Pro*.

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: IBGE, s.d. Adaptado pelos autores, 2018.

2.2 Aquisição das imagens

As imagens foram adquiridas gratuitamente no endereço eletrônico da *United States Geological Survey* (USGS), do satélite *Landsat-5*, sensores *Thematic Mapper* (TM), da órbita 219 e do ponto 62 e do dia 12/08/2000 e do satélite *Landsat-8*, sensores *Operational Land Imager* (OLI) e *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) de mesma órbita e ponto, ou seja, 219 e 62 respectivamente, datadas do dia 15/09/2018, as malhas vetoriais foram adquiridas

no endereço eletrônico do IBGE, também gratuitamente. O processamento desses dados, foram realizados com o *software* livre *Quantum Gis* (Qgis) versão 2.14.15, assim como as aplicações dos parâmetros biofísicos.

2.3 Radiância espectral

Para realizar a determinação, primeiro se converte os números digitais de cada pixel em radiâncias espectrais de cada banda ($L_{\lambda i}$), isto decorre de satélites que medem as radiâncias espectrais emitidas e refletidas pelos alvos e armazena-os em formato digital. Portanto, para converter os números digitais (DN) de cada pixel em radiância espectral, usam-se os correspondentes coeficientes de calibração para cada banda. As radiâncias representam a energia solar refletida por cada pixel, por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda, medida no sensor TM do satélite Landsat 5 nos canais 1, 2, 3, 4, 5, e 7. O valor de ($L_{\lambda i}$) foi obtido pela equação 1, proposta por Markham e Baker (1987 *apud* OLIVEIRA, s.d)

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (1)$$

Em que: $L_{\lambda i}$ = radiância espectral de cada banda ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$); “a” e “b” = radiâncias espectrais mínimas e máximas ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$) obtidos em Chander et al. (2009, *apud* OLIVEIRA, s.d); ND = intensidade do pixel (número inteiro entre 0 e 255) correspondente a referida cada banda; i = cada banda do TM Landsat 5.

Para o Landsat-8, no endereço eletrônico da USGS é proposta a equação 2, para a realização deste processo de conversão:

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \quad (2)$$

Em que: L_{λ} = Radiação espectral do topo da atmosfera ($Watts/(m^2.srad.\mu m)$); M_L = Fator de redimensionamento multiplicativo específico da banda dos metadados (RADIANCE_MULT_BAND_x, onde x é o número da banda); Q_{cal} = Fator de redimensionamento aditivo específico da faixa dos metadados

(RADIANCE_ADD_BAND_x, em que x é o número da banda); A_L = Valores de pixel do produto padrão (DN) quantizados e calibrados.

2.4 Reflectância monocromática

A reflectância monocromática de cada banda ($\rho_{\lambda i}$), corresponde à razão entre o fluxo de radiação refletida por cada banda e o fluxo de radiação incidente, sendo obtida por Allen et al. (2002 apud OLIVEIRA, s.d.), conforme equação 3.

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi L_{\lambda i}}{K_{\lambda i} \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad (3)$$

Em que: $\rho_{\lambda i}$ = reflectância monocromática de cada banda ($\text{Wm}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$); $L_{\lambda i}$ = radiância espectral de cada banda ($\text{Wm}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$); $K_{\lambda i}$ = irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($\text{Wm}^{-2} \mu\text{m}^{-1}$); Z = ângulo zenital solar e d_r = quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_0) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA); E = ângulo de elevação do Sol no metadados da imagem.

Para o Landsat-8, no endereço eletrônico da USGS são propostas as equações 4 e 5, para a realização deste processo:

$$\rho_{\lambda}' = M_p Q_{cal} + A_p \quad (4)$$

Em que: ρ_{λ}' = reflectância planetária no topo da atmosfera, sem correção para o ângulo solar; M_p = fator de redimensionamento multiplicativo específico da banda dos metadados (REFLECTANCE_MULT_BAND_x, onde x é o número da banda); A_p = fator de redimensionamento aditivo específico da banda dos metadados (REFLECTANCE_ADD_BAND_x, onde x é o número da banda); Q_{cal} = valores de pixel do produto padrão (DN) quantizados e calibrados.

A reflectância no topo da atmosfera com correção do ângulo solar é dada por:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\cos(\theta_{sz})} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\sin(\theta_{se})} \quad (5)$$

Em que: $\rho\lambda$ = reflectância planetária no topo da atmosfera; θ_{SE} = ângulo local de elevação do sol. O ângulo de elevação do sol do centro da cena em graus é fornecido nos metadados (SUN_ELEVATION); θ_{SZ} = ângulo do zênite solar local ($\theta_{SZ} = 90^\circ - \theta_{SE}$).

2.5 Índice Normalizado por Diferença de Área Construída – NDBI

A aplicação deste índice fornece parâmetros capazes de detectar e separar alvos compostos de materiais diferentes, como de edificações em áreas urbanas de uma forma geral e áreas de solo exposto (COSTA et al., 2017). Podendo ser utilizado para ações de planejamento urbano, definido pela equação 6, proposta por Zha *et al.* (2003)

$$NDBI = \frac{Mid_{IR} - N_{IR}}{Mid_{IR} + N_{IR}} \quad (6)$$

Em que: Mid_{IR} = banda do infravermelho médio; N_{IR} = banda do infravermelho próximo.

2.6 Índice Normalizado por Diferença de Vegetação – NDVI

O NDVI é um índice não linear, baseando em razão de bandas. Apesar de ser influenciado por ruídos aditivos, tais como os decorrentes da influência atmosférica, tem sido empregado em estudos referentes ao comportamento espectral da vegetação (JENSEN, 2009 *apud* SILVA; SILVA, 2017). A equação 7, foi proposta por Rouse *et al* (1974, *apud* MASKOVÁ; ZEMEK; KVET; 2008) para a determinação deste índice.

$$NDVI = \frac{N_{IR} - Red}{N_{IR} + Red} \quad (7)$$

Em que: N_{IR} = banda do infravermelho próximo; Red = banda do vermelho.

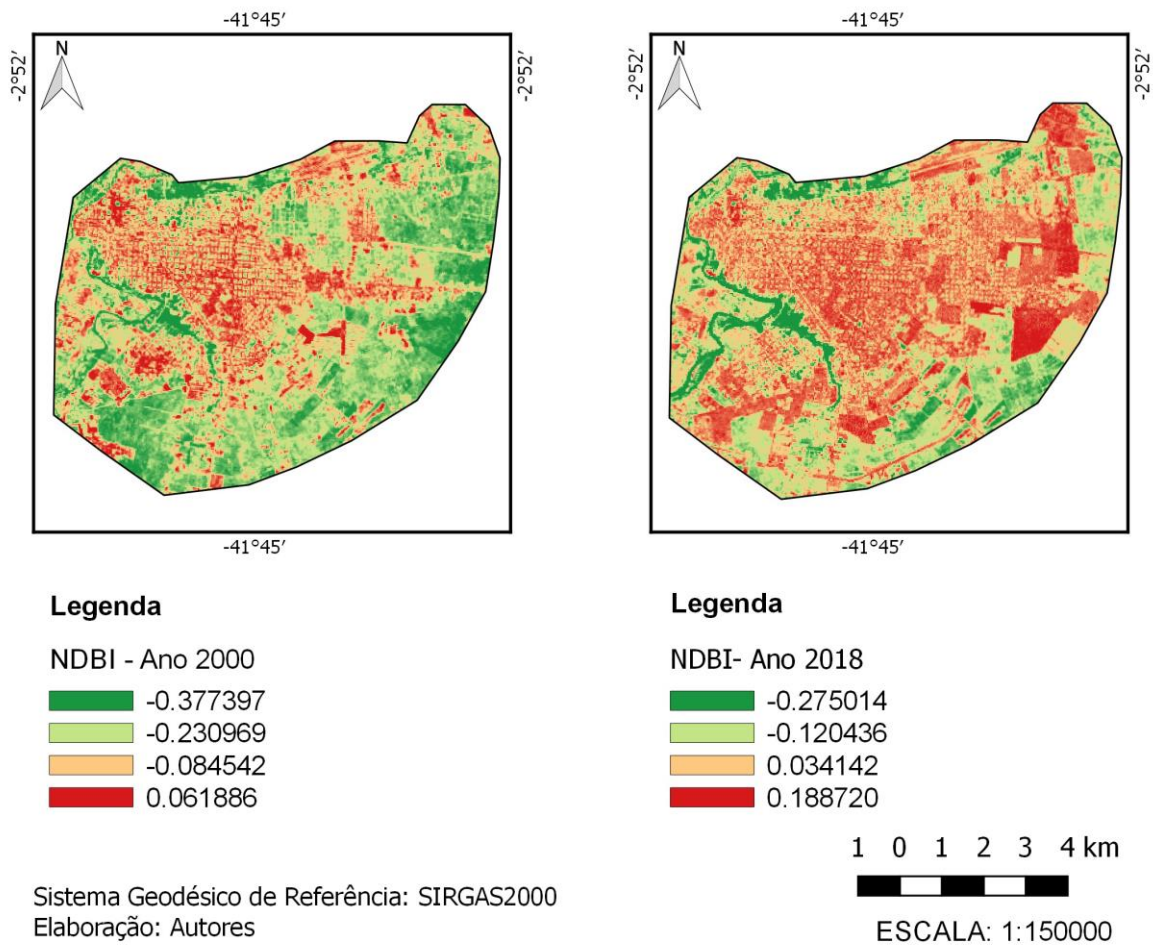
3 Resultados e Discussões

O NDBI leva em consideração não só edificações, mas também áreas de solo exposto que podem ser englobadas como áreas urbanas (COSTA et al., 2017). Esta problemática,

poderá implicar na dúvida entre solo exposto e área construída, de modo a minimizar esta dúvida foi necessário a aplicação do parâmetro biofísico NDVI.

Na figura 2, temos o resultado da aplicação do parâmetro biofísico NDBI, para a área de estudos para os dois anos estudados.

Figura 2 – NDBI (2000 e 2018), zona urbana de Parnaíba, Piauí.

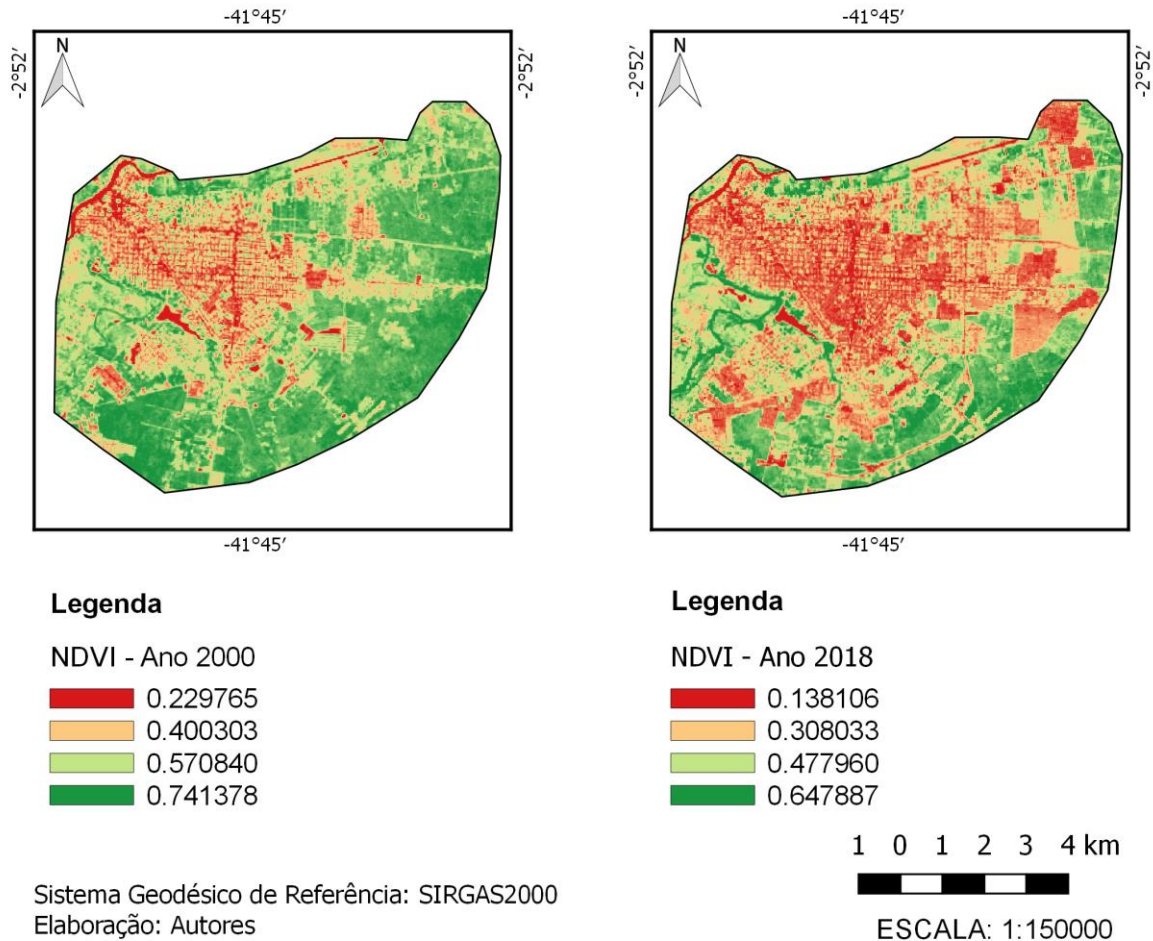


Fonte: Autores, 2018.

Observa-se que o crescimento urbano no intervalo temporal estudado pode ser considerado de grande escala, a partir da figura 2, vemos que no ano de 2000 a mancha urbana se encontra a margem direita do Rio Igarçu e estende-se em uma faixa centralizada para a direção do município vizinho, Luís Correia, com pequenas desconcentrações. Enquanto que para o ano de 2018, vemos que houve uma significativa mudança na mancha urbana que engloba quase toda a área, destacando-se o lado leste e sul, onde

perceptivelmente houveram as maiores mudanças. Para evitar confusões na análise, como já citado, também foi realizado a classificação do índice NDVI, figura 3.

Figura 3 – NDVI (2000 e 2018), zona urbana de Parnaíba, Piauí.



Fonte: Autores, 2018.

Com a análise da figura 3, reiteramos que houve um crescimento expansivo na zona urbana do município de Parnaíba, pois, percebe-se uma diminuição da cobertura vegetal. O que é condizente com a situação atual do município, que nos últimos anos recebeu diversos investimentos, como já referido no presente trabalho, fazendo a sua especulação imobiliária crescer, em consequência direta, houve um aumento significativo na construção de loteamentos, comércio, faculdades, dentre outros, que provocaram um prolongamento massivo da área urbana, que já se encontra em fase de conurbação com o município de Luís Correia-PI.

4 Conclusão

Diante das informações obtidas é possível concluir que os parâmetros biofísicos NDBI e NDVI, mostraram-se eficientes no auxílio para a análise dos níveis de expansão urbana, apresentando resultados satisfatórios, que possibilitaram uma melhor visualização das alterações na mancha urbana ocorrida no intervalo temporal estudado. O estudo dessas alterações permite que sejam realizados projetos de planejamento urbano, pois com o conhecimento prévio das regiões onde se apresentaram maior nível de expansão, pode-se realizar um controle na diminuição dos espaços verdes e, se possível, medidas mitigadoras para conter a supressão vegetal no espaço urbano.

Referências

CORRÊA, R. L. **O espaço urbano**. São Paulo: Ática, 1989.

COSTA, Grenda Juara Alves et al. ANÁLISE MULTITEMPORAL DA EXPANSÃO URBANA NO MUNICÍPIO DE TIMON-MA: 1996 E 2016. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO - GEONORDESTE 2017, 8., 2017, Salvador. **Anais...** . Salvador: Geonordeste, 2017. Disponível em: <<http://www.resgeo.com.br/geonordeste2017/wp-content/uploads/2017/11/PDF-9.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMPRAPA. **Landsat**. Disponível em: <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_landsat.html>. Acesso em: 29 set. 2018.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. Ed. Oficina de textos: São Paulo, 2008.

G1. **Parnaíba no Piauí é a cidade com maior crescimento do Brasil**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/2012/12/parnaiba-no-piaui-e-cidade-com-maior-crescimento-do-brasil.html>>. Acesso em: 18 set. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Malhas Digitais**. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais>>. Acesso em: 29 set. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Panorama**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/parnaiba/panorama>>. Acesso em: 29 set. 2018.

MASKOVÁ, Z., ZEMEK, F. & KVET, J. 2008: **Normalized difference vegetation index (NDVI) in the management of mountain meadows**. *Boreal Env. Res.* 13: 417–432.

OLIVEIRA, L. **Resumo 3 – Balanço de Radiação – Radiância e Reflectância**. Recife: UFPE, s.d.

PIAUÍ. Prefeitura Municipal de Parnaíba. Governo Estadual (Org.). **O Município**. Disponível em: <<http://parnaiba.pi.gov.br/phb/o-municipio/>>. Acesso em: 28 set. 2018.

PIAUÍ. Prefeitura Municipal de Parnaíba. Governo Estadual (Org.). **Dados Gerais**. Disponível em: <<http://parnaiba.pi.gov.br/phb/dados-gerais/>>. Acesso em: 28 set. 2018.

SILVA, C. C. S.; SILVA, S. M. L.. MONITORAMENTO DA OCUPAÇÃO URBANA POR MEIO DE ÍNDICES NDVI E NDBI A PARTIR DE IMAGENS LANDSAT-5 DO PARQUE ESTADUAL DA SERRA DA TIRIRICA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA E XXVI EXPOSICARTAS, 27., 2017, Rio de Janeiro. **Anais...**. Rio de Janeiro: Sbc, 2017. p. 1317 - 1320. Disponível em: <http://www.cartografia.org.br/cbc/2017/trabalhos/4/fullpaper/CT04-162_1506809832.pdf>. Acesso em: 26 set. 2018.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Download**. Disponível em: <<https://glavis.usgs.gov/app>>. Acesso em: 17 set. 2018.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Using the USGS Landsat Level-1 Data Product**. Disponível em: <<https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>>. Acesso em: 17 set. 2018.

ZHA, Y. et al. Used of Normalized Difference Built-up Index in Automatically Mapping Urban Areas from TM Imagery. **In**: Journal of Remote Sensing, Vol. 24(3), p. 583-594, 2003.