

Análise do NDBI como método para classificar áreas construídas para os anos de 2000 e 2010 nos municípios de São José dos Campos, Jacareí e Arapeí, São Paulo

Mônica Tatiane de Sousa

Resumo

Este estudo aborda o espaço urbano dos municípios de São José dos Campos, Jacareí e Arapeí, localizadas na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, São Paulo. Com o objetivo de validar o Normalized Difference Built-Up Index (NDBI) o estudo lança mão de métodos de processamento digital de imagens Landsat TM 5 para o cálculo do índice. Além de dados auxiliares para a validação dos resultados gerados, como Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) e mapas temáticos gerados a partir dos dados disponibilizados pelo IBGE referentes aos Censos Demográficos de 2000 e 2010. A partir dos resultados obtidos, o índice NDBI não se mostrou um método eficaz para o mapeamento de áreas construídas nos municípios escolhidos neste trabalho nas datas de aquisição das imagens.

1 Introdução

Publicações recentes mostram a utilização do Normalized Difference Built-Up Index (NDBI) como método eficiente para acompanhar o processo de crescimento urbano nas cidades. Como os estudos do uso do índice como mapeamento automático na China por Zha *et al.* (2003). E, de acordo com He *et al.* (2010) o processamento de imagens como método para de monitoramento da distribuição espacial e crescimento urbano na China é útil, embora ainda haja algumas limitações.

Num recorte regional o processo de crescimento das cidades tem acarretado cada vez mais na formação de cidades contínuas no espaço, interligadas em seus serviços e fluxos de pessoas. Formando uma única malha urbana. Este estudo aborda o espaço urbano dos município de São José dos Campos, Jacareí e Arapeí. Três dos 39 municípios integrantes da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN), institucionalizada no início de 2012. O processo de criação da nova região

Metropolitana do Estado de São Paulo caracteriza-se como um ganho para os 39 municípios que integram a região. Uma vez que, a população do Vale do Paraíba e Litoral Norte já utilizam de maneira conjunta dos mesmos serviços de infraestrutura, tais como hospitais, universidades, indústrias, etc. Assim sendo, o objetivo deste trabalho é a realização de uma análise de validação do Normalized Difference Built-Up Index (NDBI) para os municípios selecionados. Que, uma vez validado e confiável possa vir a contribuir com as prefeituras, no sentido de melhorias na elaboração de planejamentos regionais mais completos e coesos para melhor fluidez da vida das cidades integrantes da região. Para a elaboração do estudo este trabalho lança mão de softwares de geoprocessamento de uso livre, para o tratamento de dados geoespaciais.

2 Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo

A área proposta para o presente estudo está localizada na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN), no estado de São Paulo, região sudeste do Brasil, conforme ilustra a Figura 1. Os municípios de São José dos Campos, Jacareí e Arapetí foram escolhidos devido às densidades demográficas de cada município, 572,96 (hab/km²), 454,94 (hab/km²) e 15,89 (hab/km²), respectivamente, segundo Censo Demográfico IBGE (2010).

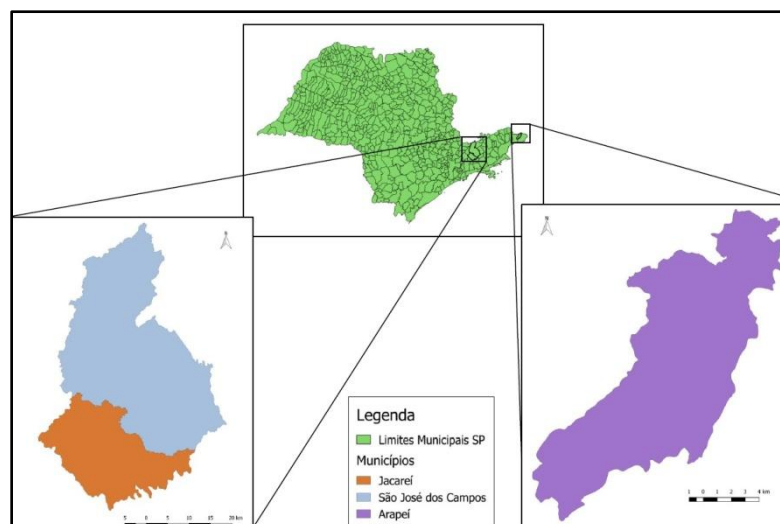


Figura 1. Localização da área de estudo no sudeste brasileiro.

2.2 Materiais

2.2.1 Imagens Landsat TM

Quatro cenas do satélite Landsat TM 5, com resolução de 30 metros, obtidas do site U.S. Geological Survey (<https://glovis.usgs.gov/>) foram utilizadas como base para os cálculos dos índices Normalized Difference Built-Up Index (NDBI) e Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Duas cenas das imagens de Órbita/Ponto 218/76 com datas de aquisição de 21 de agosto de 2000 e 01 de agosto de 2010. E, duas cenas de Órbita/Ponto 219/76 com datas de aquisição de 29 de setembro de 2000 e 24 de agosto de 2010. A escolha das datas das imagens se deu devido a baixa cobertura de nuvens nesse período do ano.

2.2.2 Dados Censo Demográfico IBGE

Foi também utilizada a malha territorial dos municípios do Estado de São Paulo e dos Setores Censitários do Censo Demográfico realizado pelo IBGE em 2010, em formato shapefile, obtidas do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (https://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm). Os dados vetoriais foram utilizados como base para a criação dos dados de validação para os índices gerados com as imagens Landsat TM 5. Além desses dados foram também utilizados os dados dos resultados dos Censos Demográficos de 2000 e 2010, disponibilizados em formato de tabelas, obtidas do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (https://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm).

2.3 Métodos

2.3.1 Correção de reflectância das imagens

Foram utilizadas as bandas B3, B4 e B5 das imagens Landsat TM, que foram corrigidas para a reflectância do topo da atmosfera, conforme os parâmetros estabelecidos pelo fornecedor das imagens, disponibilizados no site (<https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>). A seguinte equação foi utilizada para converter os números digitais (DN) para valores de reflectância:

$$\rho\lambda' = M_{\rho}Q_{cal} + A_{\rho}$$

Onde $\rho\lambda'$ corresponde ao valor de reflectância, sem a correção para o ângulo solar. M_ρ corresponde aos valores REFLECTANCE_MULT_BAND_x, onde x é o número da banda, disponibilizados nos metadados da imagem. Q_{cal} corresponde aos valores dos números digitais da banda utilizada. E, A_ρ corresponde aos valores REFLECTANCE_ADD_BAND_x, onde x é o número da banda, disponibilizados nos metadados da imagem.

Além, das correções dos valores de reflectância também foi corrigido o valor da angulação solar, sendo utilizada a seguinte fórmula:

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\sin(\theta_{SE})}$$

Onde $\rho\lambda'$ corresponde ao valor de reflectância, sem a correção para o ângulo solar. E, θ_{SE} corresponde ao ângulo da elevação solar, disponibilizado nos metadados da imagem (SUN_ELEVATION).

2.3.2 Cálculo do Normalized Difference Built-Up Index (NDBI)

Foi realizado neste estudo a aplicação do método baseado na abordagem dos estudos de NDBI desenvolvidos por Zha *et al.* (2003). Para o cálculo do NDBI foram utilizadas as bandas do Infravermelho Próximo B4 (0,76 - 0,90 μm) e do Infravermelho Médio B5 (1,55 - 1,75 μm), conforme a seguinte fórmula:

$$NDBI = \frac{(Band\ 5 - Band\ 4)}{(Band\ 5 + Band\ 4)}$$

O resultado da razão das bandas do Infravermelho Próximo e Infravermelho Médio produz uma imagem com valores de -1 à 1. Onde espera-se que os maiores valores representem os pixels contidos em áreas construídas e os valores negativos representem pixels contidos em áreas não construídas, como por exemplo, superfícies com vegetação.

2.3.3 Cálculo da diferença do Normalized Difference Built-Up Index (NDBI) dos anos de 2000 à 2010

Para facilitar a visualização do comportamento do índice NDBI, foi realizada uma segunda etapa com os resultados gerados nas quatro cenas utilizadas. Foi utilizada a seguinte equação:

$$\text{Evolução NDBI} = \text{NDBI 2010} - \text{NDBI 2000}$$

O resultado gerou uma imagem com valores entre -1 à 1. Onde os valores negativos representam os pixels em que o valor do NDBI era inferior no ano de 2010 em relação ao ano de 2000, significando uma regeneração da vegetação. E, onde os valores positivos representam os pixels com valor de NDBI maior no ano de 2010 em relação ao ano de 2000.

2.3.4 Cálculo do Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

A abordagem para o cálculo do NDVI proposto nos estudos de Zha *et al.* (2003) foi realizada neste estudo, conforme a seguinte fórmula:

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{Band 4} - \text{Band 3})}{(\text{Band 4} + \text{Band 3})}$$

O resultado da razão das bandas do Vermelho e Infravermelho Próximo produz uma imagem com valores de -1 à 1. Onde os valores negativos representam a falta de vegetação e corpos d'água. E, os valores positivos representam superfícies com vegetação.

2.3.5 Compatibilização dos setores censitários de 2010 para 2000

As malhas territoriais do Censo Demográfico de 2000 apresentam alguns erros de topologia devido a separação dos setores rurais e urbanos em dois arquivos diferentes. Portanto, foi decidido fazer a compatibilização dos setores de 2010 para o ano de 2000, de acordo com o código de formação de cada setor censitário, conforme disponibilizado em tabelas pela agência do IBGE do município de São José dos Campos, São Paulo.

Foi decidido utilizar os limites municipais do Censo Demográfico de 2010, os quais foram adquiridos na mesma escala que os setores censitários de 2010, e portanto, na mesma escala do novo limite de setores censitários de 2000 que foram compatibilizados.

2.3.6 Espacialização dos resultados dos Censos Demográficos de 2000 e 2010

Foram utilizadas as seguintes variáveis: V002-Domicílios particulares permanentes; e, V222-Domicílios particulares permanentes com lixo coletado, banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial. Encontradas na tabela Domicilio01_SP2.xls dos resultados do universo do Censo Demográfico de 2010. E, as variáveis: V0003-Domicílios particulares permanentes; e, V0210- Domicílios particulares permanentes com lixo coletado, banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial. Encontradas na tabela Domicilio_SP2.xls dos resultados do universo do Censo Demográfico de 2000.

Para o cálculo da porcentagem dos domicílios com lixo coletado, banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial, foi criado um arquivo .dbf com os novos cálculos para cada setor censitário.

A espacialização foi feita no software livre Quantum Gis (QGIS) 2.18, pela união da tabela gerada com os dados das variáveis de cada ano e os dados espaciais de setores censitários de cada ano do Censo. A partir do valor único do código do setor censitário. Nesta união, notou-se a falta de informações de 49 e 38 setores censitários dos municípios de São José dos Campos e Jacareí, respectivamente.

A metodologia deste trabalho está expressa no fluxograma da figura 2.

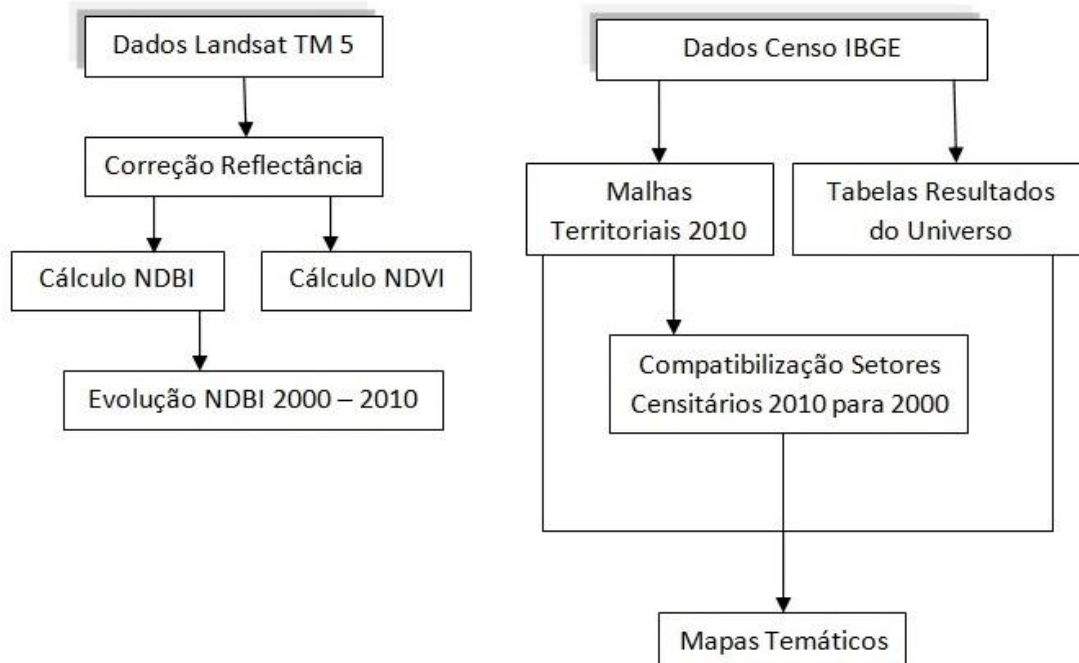


Figura 2. Modelo de execução do trabalho proposto.

3 Resultados e Discussão

Os mapas dos resultados do NDBI apresentados em composição de falsa cor, onde o gradiente vai do verde ao vermelho representando os valores de -1 à 1 com valores gerados pelo índice expressos nas Figuras 3, 7 e 11, dos municípios de São José dos Campos, Jacareí e Arapeí, respectivamente. Mostram que o índice nos três municípios, além de detectar as áreas construídas, classificou também as regiões com solo exposto e vegetação seca como sendo áreas construídas, devido ao fato de que essas duas superfícies apresentam uma resposta espectral semelhante à resposta das áreas construídas nas bandas utilizadas. Os mapas de evolução do NDBI apresentados em composição de falsa cor, onde o gradiente vai do azul ao marrom representando os valores de -1 à 1 com os valores dos resultados gerados pela subtração do NDBI do ano de 2000 do NDBI do ano de 2010 expressos nas figuras 4, 8 e 12, dos municípios de São José dos Campos, Jacareí e Arapeí, respectivamente. Mostram como o índice evoluiu de um ano para o outro. Porém, como esse resultado foi gerado a partir do cálculo de NDBI, ele apresenta as mesmas limitações referentes às regiões de solo exposto e vegetação seca.

Os resultados do índice de vegetação NDVI, expressos nas figuras 5, 9 e 13, apresentam a presença e a ausência de vegetação. Pode-se notar que os resultados deste índice são mais limpos e claros para a visualização das áreas onde há pouca vegetação.

As figuras 6, 10 e 14 apresentam os mapas temáticos com a porcentagem de domicílios particulares permanentes de cada setor censitário com lixo coletado, banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial, que foi a variável escolhida para expressar aspectos da zona urbana com áreas construídas para validar o dado de NDBI gerado. Como pode-se perceber a concentração de domicílios com aspectos referentes à características da zona urbana não ocupam toda a área classificada como sendo área construída de acordo com os resultados obtidos com o NDBI gerado neste estudo.

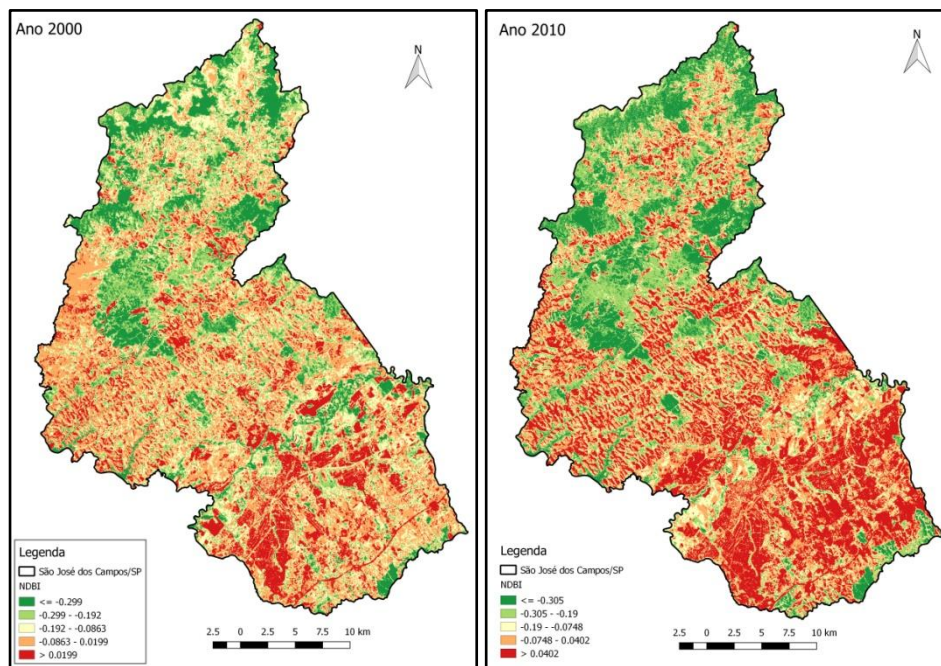


Figura 3. Resultados do NDBI de São José dos Campos para os anos de 2000 e 2010.

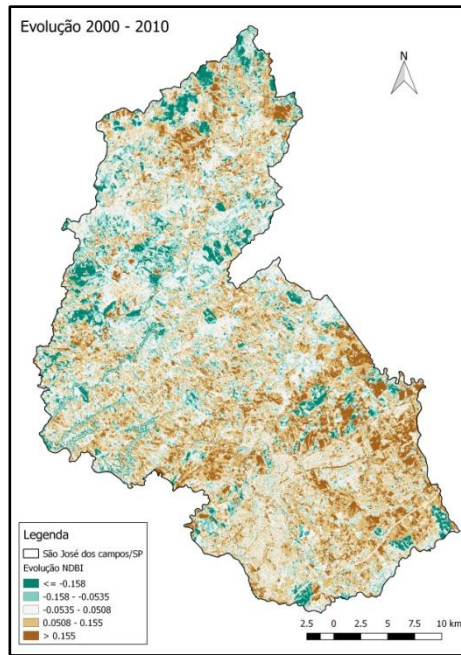


Figura 4. Evolução do NDBI em São José dos Campos de 2000 à 2010.

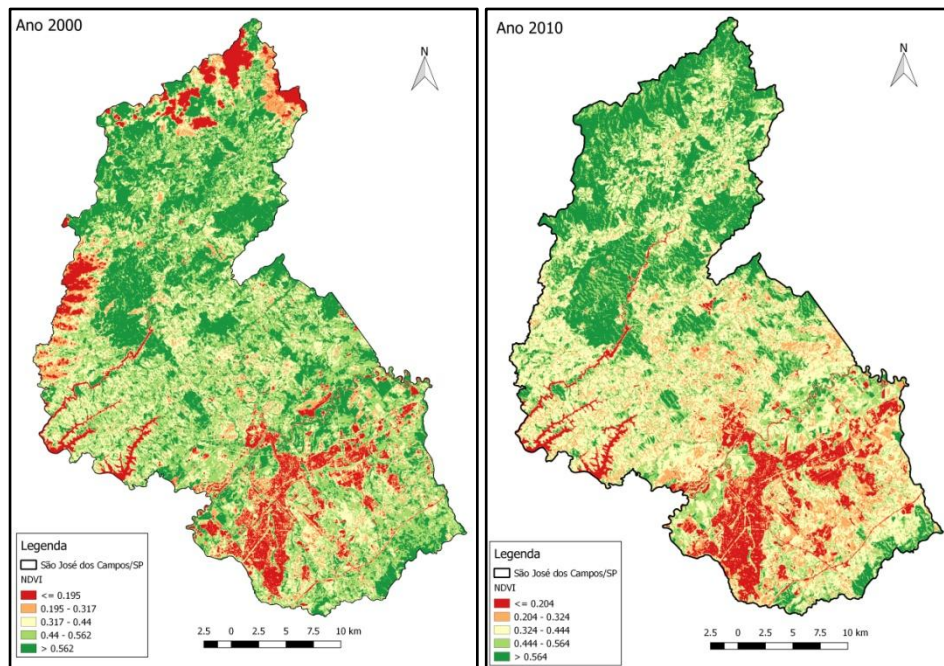


Figura 5. Resultados do NDVI de São José dos Campos para os anos de 2000 e 2010.

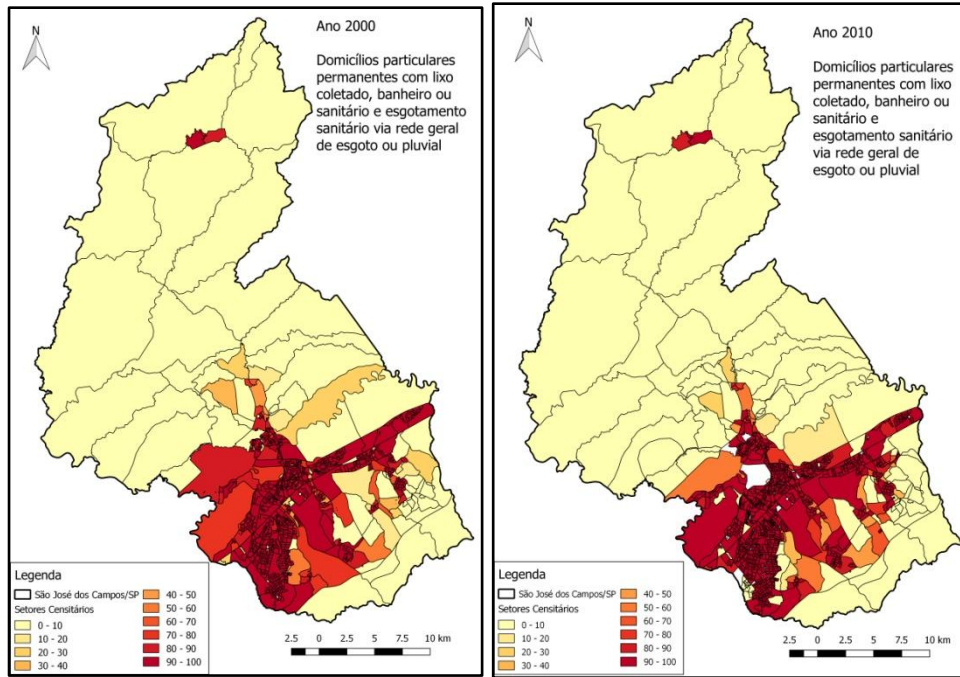


Figura 6. Porcentagem dos domicílios particulares permanentes com lixo coletado, banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial. Para os anos de 2000 e 2010 em São José dos Campos.

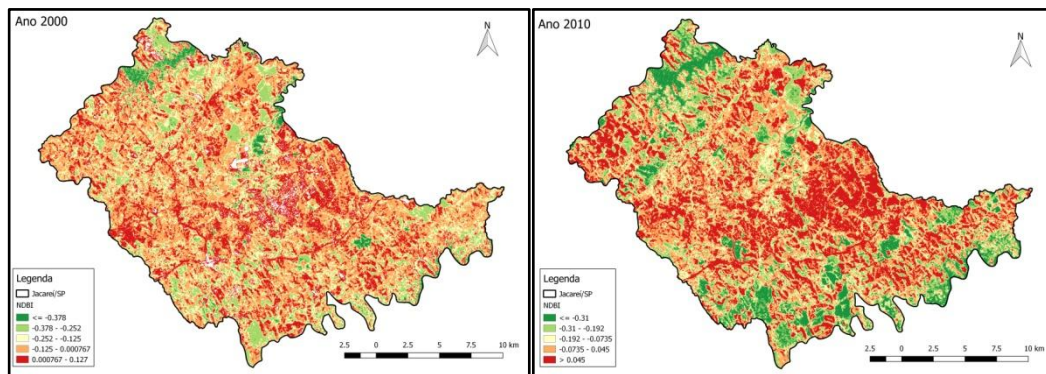


Figura 7. Resultados do NDBI de Jacareí para os anos de 2000 e 2010.

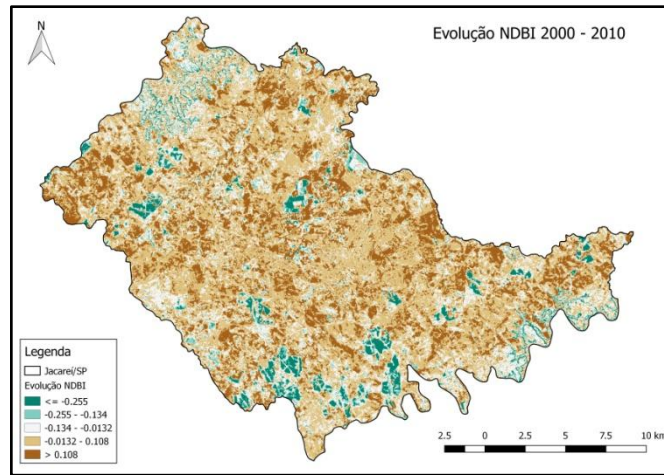


Figura 8. Evolução do NDBI em Jacareí de 2000 à 2010.

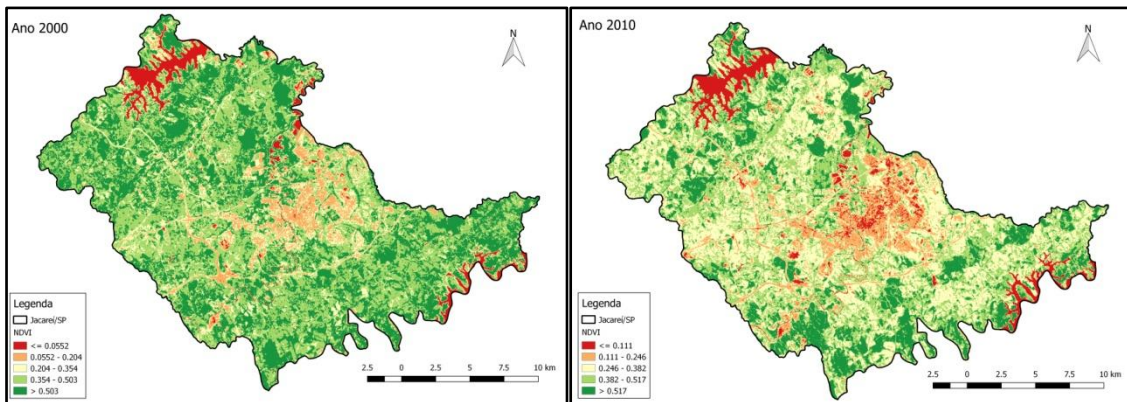


Figura 9. Resultados do NDVI de Jacareí para os anos de 2000 e 2010.

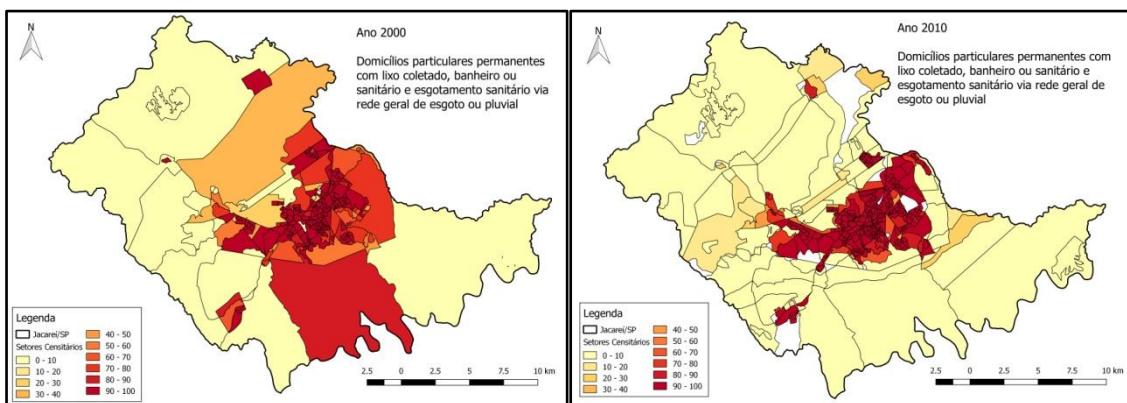


Figura 10. Porcentagem dos domicílios particulares permanentes com lixo coletado, banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial. Para os anos de 2000 e 2010 em Jacareí.

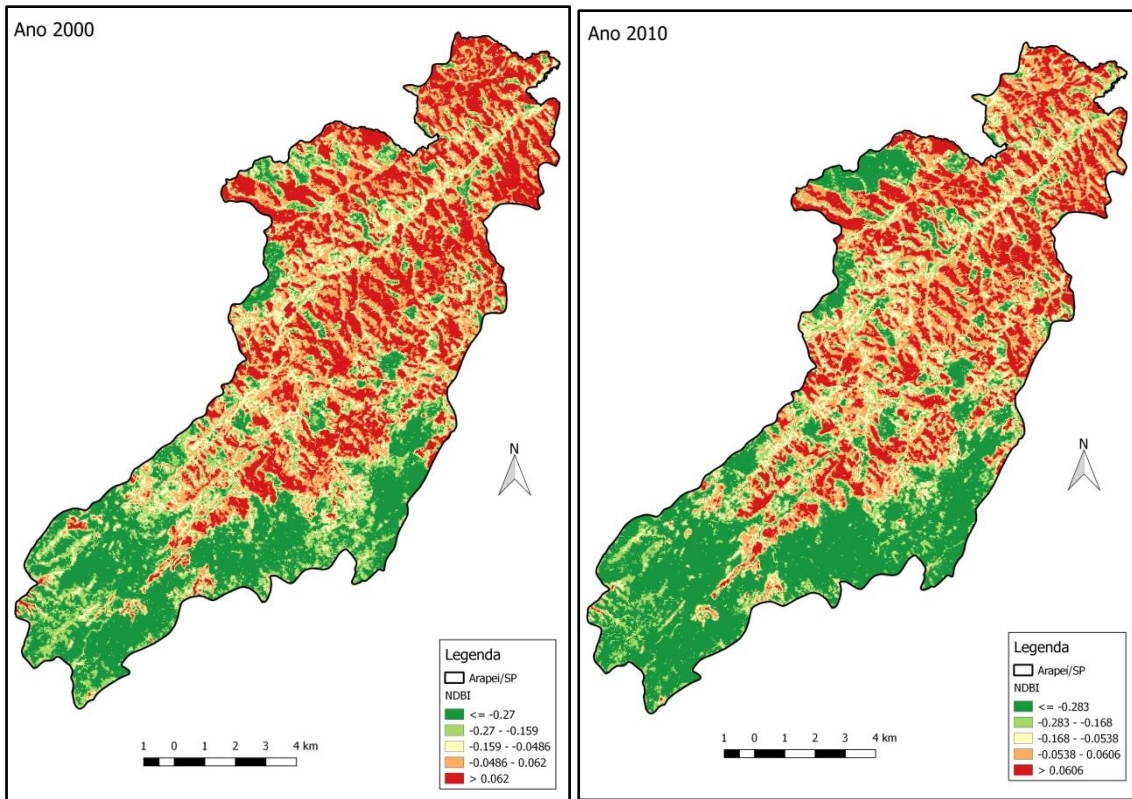


Figura 11. Resultados do NDBI de Arapeí para os anos de 2000 e 2010.

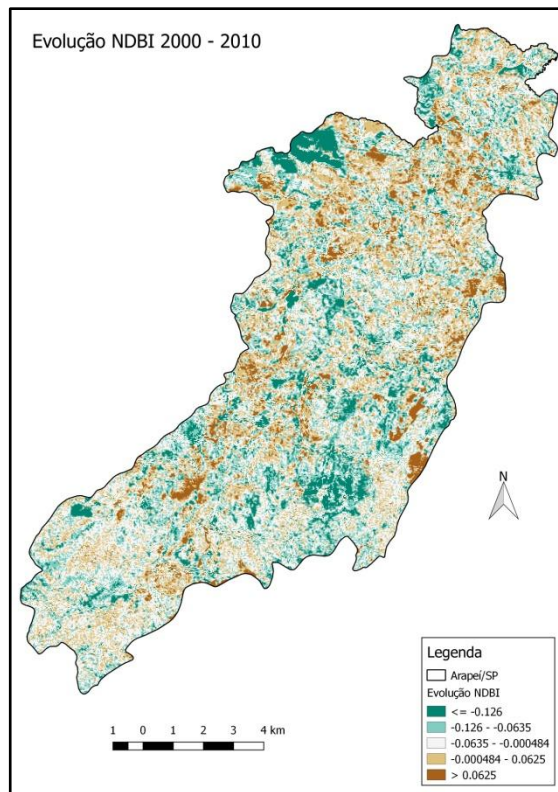


Figura 12. Evolução do NDBI em Arapeí de 2000 à 2010.

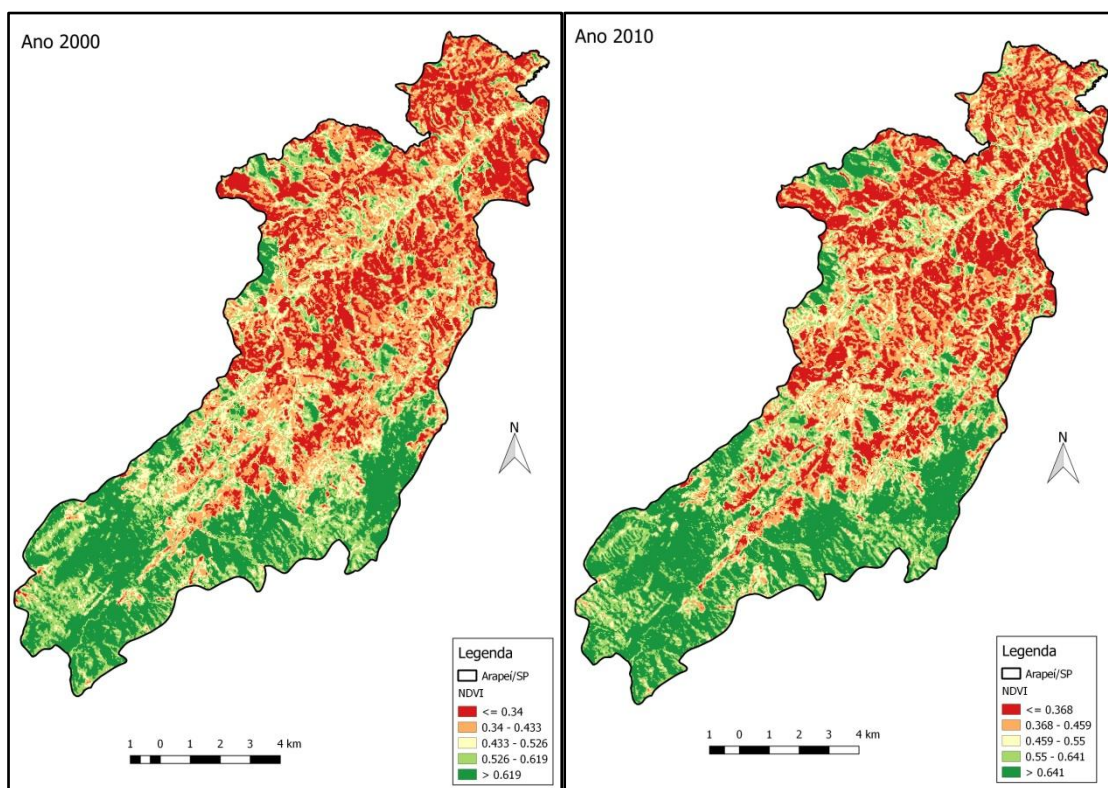


Figura 13. Resultados do NDVI de Arapeí para os anos de 2000 e 2010.

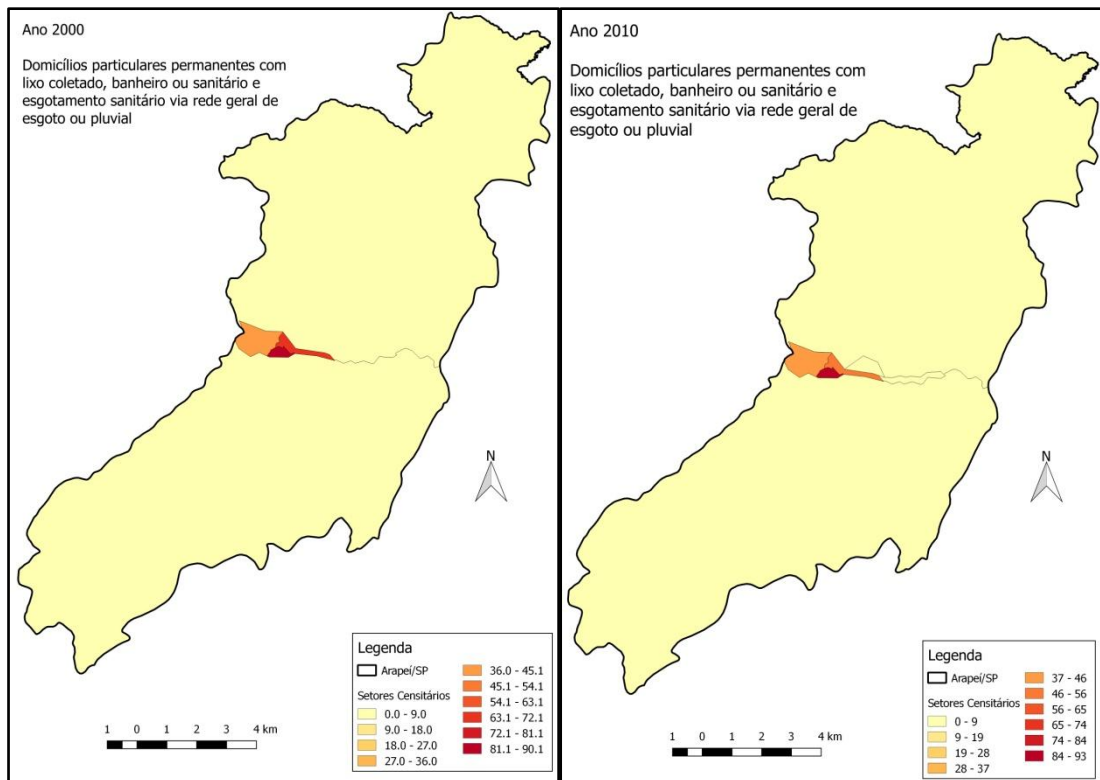


Figura 14. Porcentagem dos domicílios particulares permanentes com lixo coletado, banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial. Para os anos de 2000 e 2010 em Arapeí.

4 Considerações Finais

O índice NDBI que foi gerado neste estudo apresenta limitações quanto ao uso para a classificação de áreas construídas. As datas das imagens do Landsat TM 5 escolhidas para a realização dos cálculos do índice se deram de acordo com a quantidade de nuvens presentes nas imagens. Portanto, foi escolhido o período seco para a aquisição das imagens. Devido a isso, as imagens apresentaram grande ocorrência de vegetação seca, campos de pastagem e solo exposto. O que minimizou a qualidade do índice, uma vez que essas superfícies têm a resposta espectral semelhante as das áreas construídas. Os resultados do NDVI e dos mapas temáticos gerados a partir dos dados dos Censos Demográficos do IBGE de 2000 e 2010 serviram como base de dados auxiliar para a validação dos resultados do NDBI, que mostram também que o índice apresenta resultados exagerados.

Para a melhoria do dado pode-se utilizar recortes de imagens adquiridas no período chuvoso, para diminuir o problema da vegetação seca e solo exposto. E também a

utilização do índice com outras bases auxiliares para melhorar a confiabilidade do dado para que possa ser utilizado como um método de monitoramento dos padrões de crescimento das cidades intrarregionais, assim podendo acompanhar os processos de conurbação e outros tipos de dinâmicas populacionais. E assim servir como base de dados para laboratórios de observação das regiões metropolitanas.

Referências bibliográficas

BRASIL. GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. (Org.). **Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte**. São Paulo: Emplasa. 132 p.

IBGE. Downloads. Disponível em: < <https://downloads.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 01 ago. 2017.

IBGE. Conheça Cidades e Estados do Brasil. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

GLOVIS. (Org.). **United States Geological Survey**. Disponível em: <<https://glovis.usgs.gov/>>. Acesso em: 01 ago. 2017.

HE, Chunyang et al. Improving the normalized difference built-up index to map urban built-up areas using a semiautomatic segmentation approach. **Remote Sensing Letters**, [s.l.], v. 1, n. 4, p.213-221, dez. 2010. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2010.481681>.

LANDSAT. Using the USGS Landsat Product. Disponível em: <<https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

MA, Qun et al. Quantifying spatiotemporal patterns of urban impervious surfaces in China: An improved assessment using nighttime light data. **Landscape And Urban Planning**, China, v. 130, p.36-49, jun. 2014.

ZHA, Y.; GAO, J.; NI, S. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. **International Journal Of Remote Sensing**, China, v. 24, n. 3, p.583-594, 23 out. 2001.