

## South American Development Society Journal

Vol.: 03, | Nº.: 08 | Ano: 2017 | ISSN: 2446-5763 | DOI: 10.24325/issn.2446-5763.v3i8p50-61

Data de Submissão: 04/06/2017 | Data de Publicação: 27/07/2017

---

### **ANÁLISE COMPARATIVA DO NDVI COM A IMPLANTAÇÃO DA SP-21 (RODOANEL): SÉRIE HISTÓRICA PARA 1985 - 2010**

**Daniel Nery dos Santos - Fatec Guarulhos – NUPELOG**

daniel.santos80@fatec.sp.gov.br

**Kamila Venâncio de Oliveira - Fatec Tatuapé**

kamila.oliveira01@fatec.sp.gov.br

**Marcos Antonio Maia de Oliveira - Fatec Bragança**

marcos.maia@fatec.sp.gov.br

**Alexandre Formigoni - Fatec Guarulhos – NUPELOG**

alexandre.formigoni@fatec.sp.gov.br

#### **Resumo**

A pesquisa analisou o índice de vegetação com a construção do Rodoanel Mário Covas (SP-21), para a série histórica de 1985 a 2010. Para tanto, utilizaram-se técnicas de sensoriamento remoto, com análise de imagens de satélite, através do NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normatizada, com uma escala de medida linear entre  $-1$  e  $1$ . A SP-21 corta a Região Metropolitana de São Paulo – RMSP, que é a maior do país. Composta por 39 municípios e, uma população de aproximadamente 22 milhões de habitantes (IBGE, 2016). A SP-21, tem um traçado projetado de 181 km de extensão, dividido em quatro trechos: Norte, Sul, Leste, Oeste. Atualmente, apenas o trecho Norte não opera.

Este trabalho teve como objetivo principal realizar o cálculo de NDVI, a partir das cenas de imagens do satélite Landsat-7 da RMSP, com ênfase para o traçado da Rodovia SP-21, localizada no Estado de São Paulo. Com os dados coletados e analisados, percebeu-se que não houve alterações significativas na massa vegetal. Contudo, é inegável que a construção da rodovia tem provocado impactos ambientais negativos, mas este estudo não teve como objetivo apontar tais danos.

**Palavras-chave:** Rodoanel; RMSP; Vegetação; NDVI.

### **Abstract**

The research analyzed the vegetation index with the construction of Rodoanel Mario Covas (SP-21), for the history series from 1985 to 2010. For that, techniques of remote sensing were used, with satellite images analysis through NDVI - Normalized Difference of Vegetation Index, with a linear measurement scale between -1 and 1. SP-21 crosses São Paulo metropolitan region- RMSP, which is the biggest of the country. Composed by 39 cities and the population of about 22 million inhabitants (IBGE,2016). SP-21 has a projected trace of 181 km of extension, divided by four parts: North, South, East, West. Nowadays, only the North part does not operate. This paper had as its main aim to accomplish the NDVI calculus, by the scenes of satellite images Landsat 7 of RMSP- with emphasis on SP-21 highway trace - located in São Paulo State. With the collected and analyzed data, it was noticed that there were not significant changes on the vegetable mass. However, it is undeniable that the highway construction has been provoked negative environmental impacts, but this study did not have as its aim to point such damages.

**Key words:** Rodoanel; RMSP; Vegetation; NDVI.

## Introdução

A presente pesquisa analisou a possível redução na área vegetada com a construção do Rodoanel Mário Covas (SP-21), através do sensoriamento remoto. Segundo Ribeiro *et al.* (2015), “Os dados de sensoriamento remoto têm sido de fundamental importância em pesquisas direcionadas ao estudo do comportamento dinâmico da vegetação”. O sensoriamento remoto (SR) é um meio, arte ou ciência, para analisar áreas, objetos ou fenômenos em diversas escalas e sem contato direto com os mesmos. O NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) é uma ferramenta do SR de aplicação técnicas onde se trabalham diferentes bandas espectrais para estudo de análise da cobertura vegetal em séries temporais.

Segundo Ribeiro *et al.* (2007 *apud* RIBEIRO *et al.*, 2015), a tecnologia do SR tem sido utilizada no levantamento de recursos naturais e no monitoramento do meio ambiente (MA) com a finalidade de trazer benefícios ao desenvolvimento econômico e social.

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), é formada por 39 municípios e é o maior polo de desenvolvimento econômico do Brasil (Figura 1). Com início em 1973, teve a sua reorganização em 2011. Mediante estimativas de dados para 2016, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Produto Interno Bruto (PIB) da RMSP equivale a aproximadamente 18% do total brasileiro e à 55,47% do PIB paulista, neste território, segundo a mesma fonte, vivem aproximadamente 22 milhões de habitantes, chegando a quase 50% da população estadual.

A metrópole centraliza importantes complexos industriais (São Paulo, ABC, Guarulhos e Osasco), comerciais e, principalmente, financeiros (Bolsa de Valores), que controlam as atividades econômicas no país (EMPLASA, 2017).

Ainda, na RMSP encontra-se o maior aeroporto com voos internacionais da América Latina, localizado no município de Guarulhos, com uma movimentação de cerca de 35 milhões de passageiros/ano (GruAirport, 2016). Portanto, a justificativa para o estudo atende à necessidade de compreensão na expansão da malha urbana da maior metrópole nacional e seus possíveis impactos ambientais negativos, decorrentes do crescimento urbano desordenado.

O principal objetivo da pesquisa foi o de analisar o quanto a construção da SP-21 determinou a supressão da vegetação ao longo da via, com dados comparativos de índice de vegetação antes da sua implantação e operação.

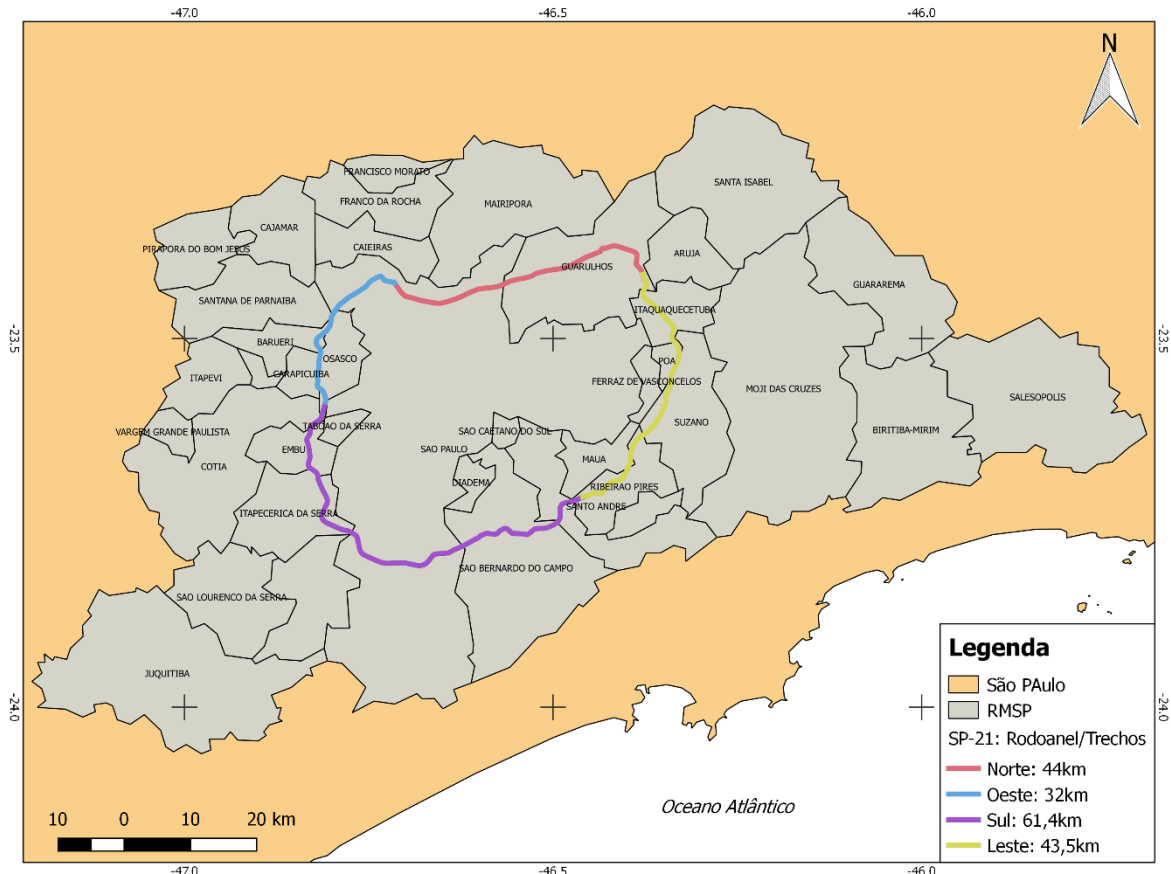


Figura 1: RMSP – Região Metropolitana de São Paulo e SP-21

Fonte: Autores (2017).

## Métodos e Técnicas

A pesquisa tem caráter explicativa, que segundo Gil (2002), essas pesquisas têm como preocupação central identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Esse é o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão, o porquê das coisas.

Para tanto, foram utilizadas técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto num ambiente SIG – Sistema de Informação Geográfica, com o uso do software livre de geoprocessamento *QGIS*, versão 2.18.8.

As imagens de satélite que compõem a série histórica do NDVI: 1985 a 2010, foram coletadas do satélite LandSat 7, provenientes do sensor TM (*Thematic Mapper*) e possuem o formato TIFF (*Target Image File Format*), estas imagens correspondem as bandas 3 (Vermelho – R) e 4 (Infravermelho próximo – NIR) dos anos de 1985, 1990, 1995, 2005 e 2010, que se encontram disponíveis no sítio digital do INPE – Instituto de Nacional de Pesquisas Espaciais.

Para a análise do índice de vegetação ao longo da SP-21, foi utilizada a modelagem matemática computacional: NDVI, definido pela seguinte fórmula (Eq.1):

Eq. 1

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{R}}{\text{NIR} + \text{R}}$$

Onde:

NDVI = Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

NIR = Valor numérico do pixel na banda do Infravermelho Próximo (0,75 – 0,90  $\mu\text{m}$ );

R = Valor numérico do pixel na banda do Vermelho (0,63 – 0,70  $\mu\text{m}$ ).

Para um melhor entendimento da classificação do Índice de Vegetação (IV), foi adotada uma escala de renderização das bandas representativa pelas faixas que vai de mínimo: -1 a máximo: 1 e quanto mais próximo de -1, menor será o IV e quanto mais próximo de 1, maior será o Índice de Vegetação, distribuída em 6 classes da seguinte maneira: -1, -0.6, -0.2, 0.2, 0.6, 1.

### **Onde:**

-1 = Péssima;

-0.6 = Ruim;

-0.2 = Razoável;

0.2 = Boa;

0.6 = Muito Boa;

1 = Excelente.

### **Fundamentação Teórica**

O Geoprocessamento é um conjunto de tecnologias de coleta e tratamento manipulação e apresentação de informações espaciais georreferenciadas e pode ser definido como a área do conhecimento que utiliza técnicas de modelagens matemáticas e computacionais para tratar os processos que ocorrem no espaço geográfico (SILVA, 2009).

Para Câmara *et al.* (2002 *apud* ARAUJO *et al.*, 2010), “[...] compreender a distribuição espacial de dados oriundos de fenômenos ocorridos no espaço, constitui hoje, um grande desafio para a elucidação de questões centrais em diversas áreas do conhecimento, sendo a análise espacial, se enquadrando no processo de geoprocessamento”.

O sensoriamento remoto é um meio, arte ou ciência, para analisar áreas, objetos ou fenômenos em diversas escalas e sem contato direto com os mesmos. Para que esta coleta de informações sem contato direto seja possível, é realizada por meio de radiação eletromagnética (REM), considerando que esta onda consiga chegar ao sensor e que a transmissividade atmosférica é variável com relação aos diversos comprimentos de onda. (LILLESAND; KIEFER, 1994 *apud* RIBEIRO *et al.*, 2015).

Quando se tem interesse em discriminar variações de reflectância de alvos específicos, deve-se destacar as propriedades específicas e, se possível, únicas deste alvo, que o distingue de outros. Para realizar tal procedimento, efetua-se uma operação aritmética, a divisão ou razão entre bandas multiespectrais. Esta é uma técnica de transformação de imagem baseada no comportamento da reflectância dos alvos e em parâmetros dos aspectos físicos do sensor, onde, para alcançar o objetivo de realçar determinado tipo de solo ou litologia por este método, precisam ser expostos padrões homogêneos e bem definidos de reflectância na imagem da área desses alvos (MENESES *et al.*, 2012).

Um exemplo onde aplica-se a divisão de bandas é o clássico índice de vegetação, porém, o que foi utilizado neste trabalho é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, mais conhecido como NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), que é representativo de vários índices de vegetação espectrais (MARKHAM; BARKER, 1987).

Com relação às bandas para visualizar a vegetação, Meneses (*et al.*, 2012) explana que “[...] a principal banda de absorção está centrada em 650 nm, região visível da luz vermelha, e que nas imagens do sensor ETM do Landsat equivale à banda 3, situada em 630 nm a 690 nm”. Posteriormente, com relação às ondas e à região de maior reflectância, o mesmo autor se refere que “[...] a região de maior reflectância é no infravermelho próximo, onde se situa a banda 4, nos comprimentos de onda de 760 nm a 900 nm”.

Ao aplicar o escalonamento, o resultado é uma imagem monocromática, os pixels demonstram-se mais claros conforme a densidade de vegetação e escuros onde não há vegetação, normalmente onde há corpos de água, solos expostos etc.

Com isso foi criado o índice de vegetação, onde este consiste na razão entre as bandas de infravermelho próximo (NIR), onde a vegetação tem intensa reflectância, com a banda no vermelho (R), onde a vegetação possui alta absorção de luz por sua constituição em pigmento verde clorofila, com a finalidade de realçar os alvos de interesse, a biomassa vegetal (FREIRE; PACHECO, 2005).

O NDVI é linearmente proporcional à biomassa, sendo utilizado normalmente para fazer comparações em escalas temporais de uma mesma área, por ser menos

sensível às variações das condições atmosféricas, isto se deve ao fato de ser um índice de razão (um r atio) onde seus resultados n ao s ao afetados pelas condi oes de ilumina ao e tem a vantagem de corrigir alguns efeitos do processo de forma ao de imagens como: atenua ao atmosf erica, ilumina ao, relevo etc.

Para ser calculado   realizada a diferença e a soma entre as bandas NIR e R e os valores computados variam de -1 a 1, onde, os valores pr oximos de 1 representam áreas com densa vegeta ao, os valores pr oximos de zero s ao normalmente áreas com solos expostos e os valores negativos s ao áreas sem vegeta ao ( gua). Na análise de uma imagem NDVI, há boa definiçao e nitidez quando se tem por alvo a vegeta ao, mas, para Huete e Jackson (1987 *apud* MENESES *et al*, 2012) este  ndice não   eficiente para terrenos com baixa cobertura vegetal, por exemplo:  reas semi-áridas ou áridas, como solu ao, propuseram o  ndice *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI), onde seu desempenho   melhor em áreas com as características mencionadas.

## **Resultados e Discussão**

Com os dados analisados para a série histórica de 1985 a 2010, através do sensoriamento remoto aplicado ao geolgoritmo NDVI para a área estudada: a SP-21 localizada na RMSP, os valores de  ndice de vegeta ao não apresentaram altera oes significativas ao longo da via. Contudo,   necessário salientar que o trecho Sul tem uma forte barreira inibidora de crescimento/expansão da mancha urbana, que   a Serra do Mar. Tal forma ao geológica dificulta a ocupa ao da terra (Figura 2).

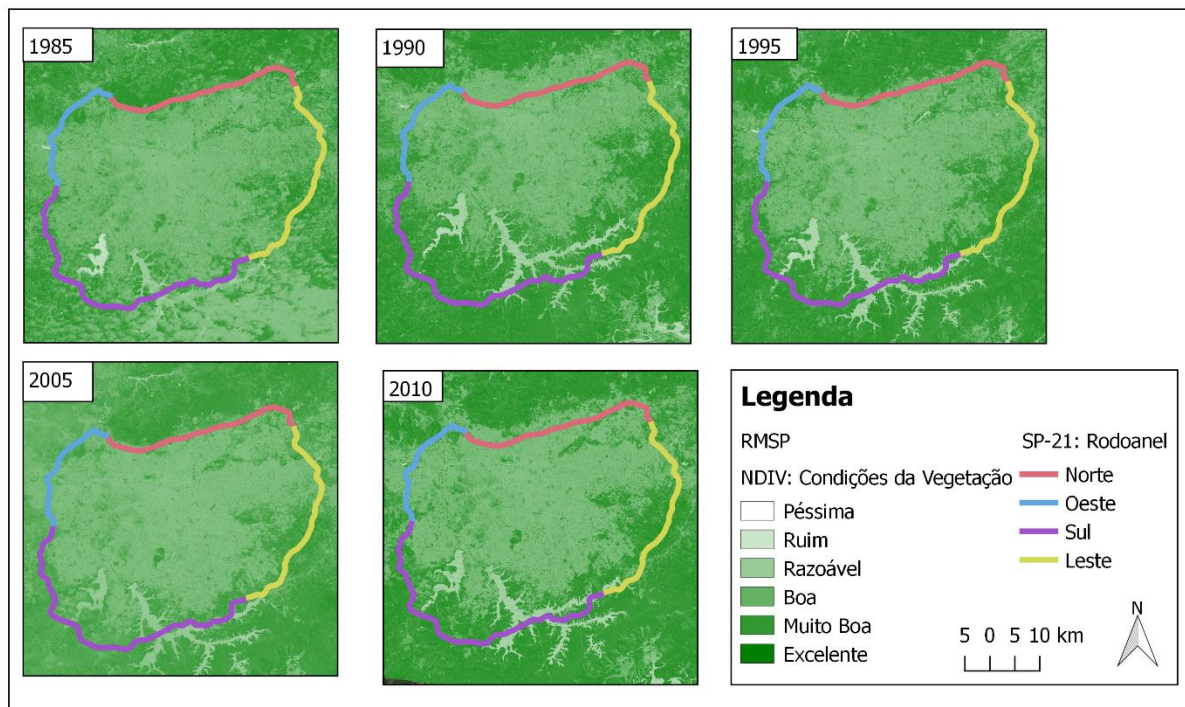


Figura 2: NDVI: Série Histórica para 1985 – 2010

Fonte: Autores (2017).

Assim, essa região está naturalmente mais protegida quando comparada com as demais (Figura 3). No entanto, é perceptível uma forte tendência da expansão da pluma urbana na direção N/L, principalmente para o município de Guarulhos, que conta com o único trecho em construção. No caso de Guarulhos, o AISP – Aeroporto Internacional de São Paulo, é o grande polo de atração para um maior índice de áreas construídas, por isso, a necessidade de se construir um dos trechos do Rodoanel neste município.

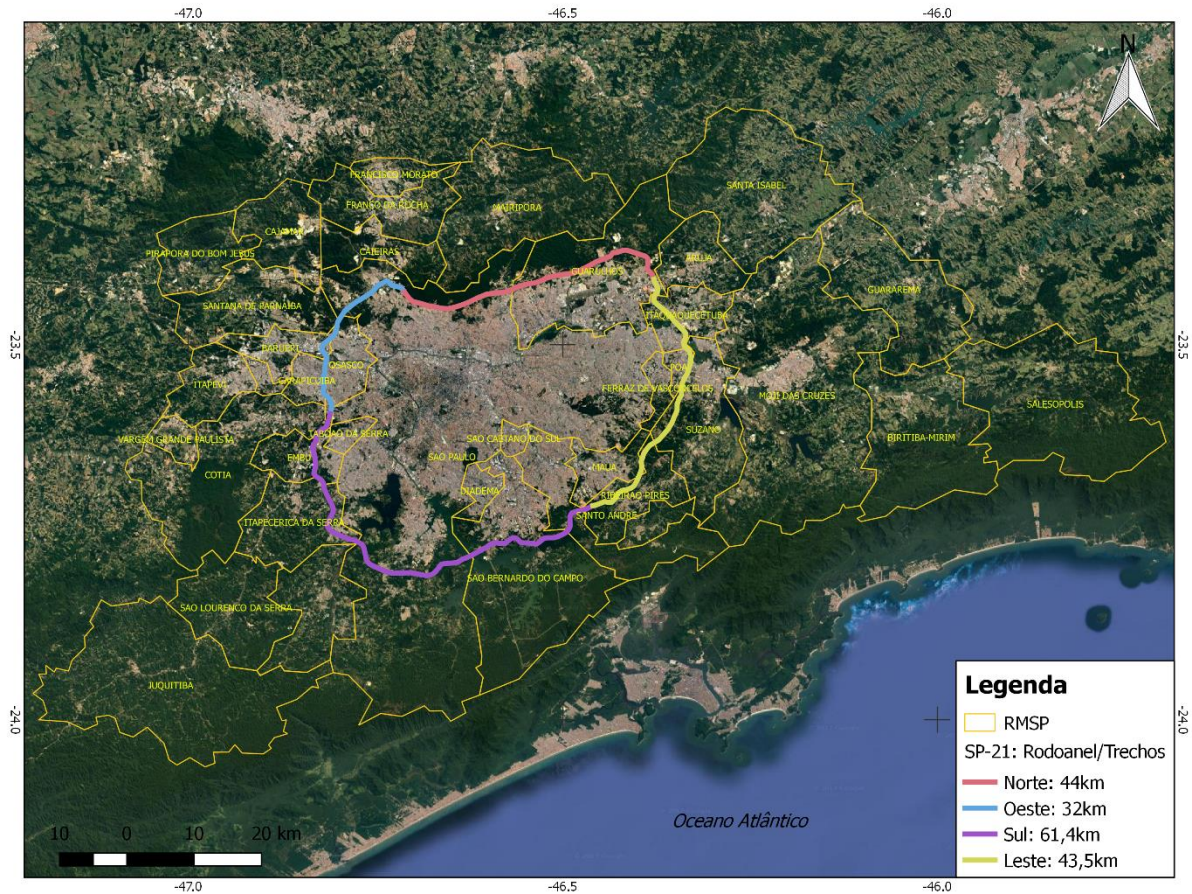


Figura 3: Mancha Urbana da RMSP

Fonte: Autores (2017).

Por fim, no intuito de promover a análise do impacto no índice da vegetação na RMSP com a construção da SP-21 com o NDVI, observou-se que a alteração na massa vegetal foi muito pouca, quando consideramos apenas a área ocupada pela rodovia. Porém, mais uma vez cabe destacar que este trabalho de pesquisa se concentrou em observar apenas o traçado da via e não analisou os impactos provenientes com a construção e nem tampouco o risco ambiental da mesma nas diferentes fases: implantação e operação.

## Considerações Finais

Observou-se que com a implantação do Rodoanel Mário Cóvas (SP-21) não implicou em grandes reduções na área vegetada ao longo da via. Ainda a série temporal analisada demonstrou que a verticalização e o espraiamento urbano têm um fator natural limitador, que é Serra do Mar. Percebeu-se apenas uma leve diminuição na área vegetada no trecho Oeste da rodovia.

Por fim, nota-se como as técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, utilizando à detecção de quantidade de vegetação por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), podem contribuir para a realização de diferentes análises geoambientais.

## Referências Bibliográficas

ARAUJO, Ivaldo Rodrigues *et al.* “Cálculo de NDVI no suporte ao estudo de desertificação no município de Orocó – PE”. Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife - PE, nº3, 2010, pp. 001 – 006.

ARAUJO, Ivaldo *et al.* “Cálculo de NDVI a partir do mosaico LANDSAT do Estado de Pernambuco, utilizando técnicas de geoprocessamento”. Congresso de pesquisa e inovação da rede norte nordeste de educação tecnológica - CONNEPI 2010, nº5, 2010.

CÂMARA, Gilberto *et al.*, “Análise Espacial e Geoprocessamento. Relatório do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE)”. São José dos Campos, SP, 2002.

EMPLASA – Empresa Paulista de Planejamento Urbano S/A. “A Região Metropolitana de São Paulo”. Disponível em: <<https://www.emplasa.sp.gov.br/RMSP>>. Acesso em: 28 de maio de 2017.

FREIRE, N. C.F, PACHECO, A. P. “Aspectos da detecção de áreas de risco à desertificação na região de Xingó”. XII. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Anais, Goiânia, Brasil, abril 2005, INPE.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. “Remote sensing and image interpretation”. John Wiley e Sons, New York, 1994.

MARKHAM, B. L.; BARKER, L. L. "Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances". *International Journal of Remote Sensing*, v.8, n.3, p.517-523, 1987.

MENESES, Paulo Roberto *et al.* "Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto". UnB, Brasília, Brasil, 2012.

PACHECO. A. P; FREIRE, N. C. F; BORGES, U. N. "Uma Contribuição do Sensoriamento Remoto para Detecção de Áreas Degradadas na Caatinga Brasileira". Instituto de estudos sócio-ambientais. Goiânia – GO, 2006.

PINHEIRO, L. A. F. V. "Sensoriamento Remoto". Disponível em: <<http://pt.shvoong.com/exact-sciences/earthsciences/1100035-sensoriamento-remoto/>>. Acesso em: maio de 2007.

RIBEIRO, Gilberto *et al.*, "Utilização do IVDN no estudo da deterioração ambiental em região do cariri paraibano". In: Seminário Regional sobre Potencialidades do Bioma Caatinga, 1, 2014, Sumé. Anais. Sumé: UFCG, 2014b. Artigos On-line. Disponível em: < <http://www.serpec-expocaatinga.com/anais/> >. Acesso em: 27 maio de 2017.

SILVA, H. D. B., "Estudo do Índice de Vegetação no Município de Floresta - PE, utilizando técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto". Universidade Federal de Rural de Pernambuco – UFRPE. Recife-PE, 2009.