

# DETECÇÃO DE SUPRESSÕES FLORESTAIS EM IMAGENS BITEMPORAIS DE ALTA RESOLUÇÃO NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Camilla Bandeira da Silva<sup>1</sup>

Felipe Gonçalves Amaral<sup>2</sup>

Carla Bernadete Madureira Cruz<sup>3</sup>

1. Mestranda no Programa de Pós Graduação em Geografia na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). (camillabandeira22@gmail.com)
2. Doutorando pelo Programa de Pós Graduação em Geografia na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). (f.g.amaral19@gmail.com)
3. Professora Doutora no Departamento de Geografia na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). (carlamad@gmail.com)

## ABSTRACT

The monitoring of natural and anthropized environments considerably assists in the environmental planning and management of these areas, and contributes to a better understanding of dynamics and land cover. Change detection, one of the ways to monitor the environment from Remote Sensing, considers different methods and techniques for qualifying and quantifying changes in coverage characteristics over time. The objective of the present work is to perform a monitoring of forested areas of the Atlantic Forest of the state of Rio de Janeiro through the evaluation of dynamic descriptors created from bitemporal high resolution images. This monitoring will be performed under different conditions of relief, lighting, humidity and degradation of the Atlantic Forest, in addition to considering different phytophysognomies present in the state. As change detection is a well-established and important way to identify, map and monitor changes in space, widely used in monitoring ecosystems, it is expected to achieve the identification of forest suppression areas. Dynamic descriptors will be constructed in this work using indexes found in the literature review that tend to describe forest dynamics based on the visible bands of high-resolution sensors. This method differs from the classics in that it does not use the Near Infrared, normally unavailable, seeking to contribute to the proposition of a differentiated method that meets the monitoring in detail scale.

**Keywords:** Change Detection; Forest Suppression; Atlantic Forest.

## INTRODUÇÃO

O consumo desordenado de recursos naturais pela população humana, como a retirada de vegetação do meio ambiente, é uma preocupação característica da expansão populacional, fazendo-se necessário um planejamento para essas áreas. O monitoramento dos ambientes naturais e antropizados por satélites artificiais, feito de forma sinóptica e ágil, auxilia consideravelmente no planejamento e gestão ambiental. Em ambientes naturais, contribui para o melhor entendimento de dinâmicas e da cobertura, tais como a supressão, regeneração, degradação e conservação. Nas últimas duas décadas, várias entidades, principalmente as de cunho governamental, estão fazendo uso massivo de dados provindos do sensoriamento remoto para gestão e monitoramento do território, minimizando custos, maximizando o tempo de trabalho e

atuando de forma eficiente em casos que precisam de um trabalho complementar de campo (Longley et. al. 2013).

A detecção de mudanças, uma das formas de se monitorar o ambiente a partir do Sensoriamento Remoto, considera diferentes métodos e técnicas para qualificação e quantificação de alterações nas características da cobertura ao longo do tempo (SINGH, 1989; SANTOS, et al, 2004). Sendo a detecção de mudanças uma forma consagrada e importante para identificar, mapear e monitorar transformações no espaço, muito usada no monitoramento de ecossistemas, pode-se alcançar com ela a identificação de áreas de supressão da floresta. Nas últimas décadas é crescente o nível dessa supressão, e aumentam os estudos que visam entender a dinâmica desses espaços. Com isso, o Sensoriamento Remoto se torna um grande aliado para identificação dessas áreas, com o avanço de técnicas, maior facilidade em disponibilidade e aquisição de imagens, e aumento nas referências conceituais, o que acaba facilitando a interpretação na dinâmica temporal.

Considerando-se a limitação de se adquirir imagens de alta resolução com mais bandas além das do espectro visível na maioria dos casos, e sendo necessário soluções que viabilizem o acompanhamento das mudanças em escala de detalhe, o objetivo que norteia o presente trabalho é a identificação das áreas que sofreram supressão florestal com base em bandas do espectro visível de imagens de alta resolução, de forma a apoiar ações em tempo "quase" real. A solução proposta foi testada em diferentes recortes espaciais no estado do Rio de Janeiro, que consideraram variações das condições de iluminação, umedecimento e relevo.

Cada vez mais as geotecnologias se fortalecem no monitoramento e caracterização de áreas, se tornando uma importante ferramenta para o planejamento e a gestão ambiental, pois auxiliam nas análises qualitativas e quantitativas do meio ambiente. A comprovação de soluções desta natureza é considerada relevante para a contribuição metodológica em ações conservacionistas.

## **METODOLOGIA**

Como o objetivo da pesquisa é atender à detecção de mudanças em escala de detalhe, teve-se que usar imagens de alta resolução espacial obtidas em curto intervalo de tempo. As imagens selecionadas para o presente estudo de caso são do satélite *WorldView* e foram obtidas na Secretaria do Estado do Ambiente do Rio de Janeiro (SEA-RJ) através do Projeto Olho no Verde, em parceria com o Instituto Estadual do Ambiente (INEA).

Assim, a detecção de mudanças de áreas florestadas de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro foi baseada nas imagens dos satélites *WorldView 2* e *WorldView 3*,

obtidas já fusionadas e ortorretificadas. A resolução espacial foi de 0,5m, obtida pela fusão das bandas multiespectrais com a pancromática. O tempo de revisita destes satélites, que varia entre 1 a 4 dias, é importante para o atendimento da detecção da supressão florestal em tempo “quase real”, de modo a viabilizar ações de campo.

Usualmente os trabalhos voltados para essa temática utilizam a banda do Infravermelho Próximo para detectar mudanças na paisagem como supressões e regenerações de vegetação. Em atendimento a soluções baseadas em bandas exclusivamente do visível, buscou-se na bibliografia indicadores não usuais que pudessem atender à identificação da supressão da floresta. O método adotado neste trabalho se diferencia por não usar o Infravermelho Próximo (NIR), buscando contribuir para soluções em que esta banda não se encontre disponível.

O estado do Rio de Janeiro foi escolhido como área de estudo para essa avaliação exatamente por representar grande importância não só em escala regional, como também em escala nacional. O estado ocupa uma área de 43.696km<sup>2</sup> de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e, apesar de ser o terceiro menor estado brasileiro, apresenta grande relevância ambiental, pois contém os principais remanescentes da Mata Atlântica e está totalmente inserido neste bioma, possuindo também importantes áreas de endemismo. Além disso, o estado é composto por uma rica geomorfologia, com montanhas e baixadas, destacando paisagens diversificadas. Para melhor avaliação do método que foi aplicado nesta pesquisa foram adquiridas 34 imagens no total, referentes a maio de 2018, de modo a cobrir 17 recortes de estudo. Ao espacializar essas áreas no mapa do estado do Rio de Janeiro (Figura 1), observa-se 10 municípios selecionados em três áreas de concentração: na primeira encontramos Angra dos Reis e Rio Claro; na segunda temos Barra do Piraí e Valença; e por último temos Casemiro de Abreu, Macaé, Nova Friburgo, Santa Maria Madalena, Silva Jardim e Trajano de Moraes. A escolha das áreas de estudo foi limitada a esses municípios por causa da disponibilidade de imagens do Projeto Olho no Verde e que fossem menos afetadas por nuvens, névoas, aerossóis, etc.

### Áreas de Detecção de Mudança no Rio de Janeiro

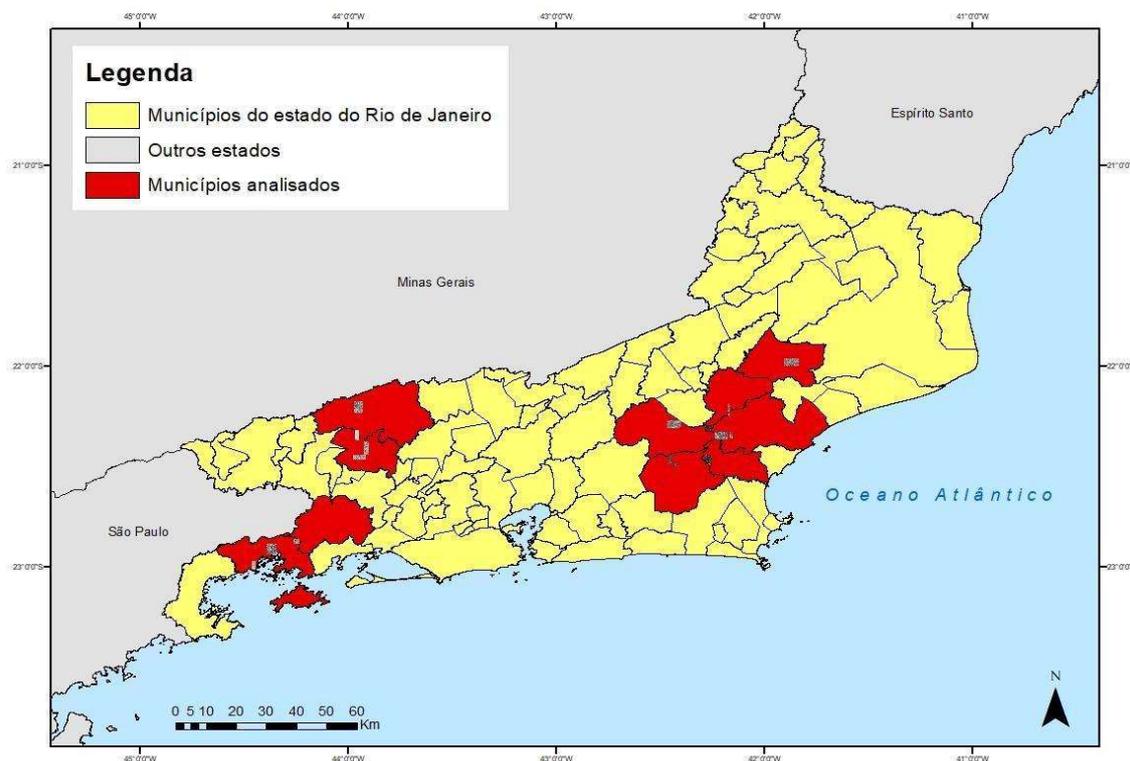


Figura 1. Mapa de Localização das Áreas de Estudo

Existem diversas maneiras de se detectar mudanças na paisagem, como Razão de Imagens, Análise de Vetor de Mudança, Subtração de Imagens, Diferença de Índices de Vegetação, etc. Neste caso foram utilizados índices radiométricos através de descritores dinâmicos para análise da diferença, que

(...) são variáveis que descrevem a dinâmica da cobertura de modo que possamos entender suas transformações ao longo do tempo, como por exemplo a dinâmica urbana ou a dinâmica dos oceanos. Aliados ao sensoriamento remoto, os descritores dinâmicos são variáveis que indicam a dinâmica dos alvos a partir das suas características espectrais ao longo do tempo (Amaral, 2019).

Os descritores adotados neste trabalho foram encontrados bibliografia por atenderem a detecção de mudanças na floresta e serem baseados nas bandas do visível.

Índices radiométricos são medidas capazes de identificar e realçar em imagens de satélites determinados tipos de informações, tais como áreas edificadas, cobertura vegetal, cursos d'água, solo exposto, entre outros (FRANÇA et al., 2012). De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que é vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil, os índices espectrais são resultados de operações aritméticas entre os valores numéricos de pixels de diferentes bandas de uma imagem onde os resultados obtidos podem ser representados na forma de uma nova imagem.

Através do site *Index DataBase*, que é uma plataforma onde é possível encontrar dados sobre índices de sensoriamento remoto e sensores dos satélites, foram selecionados três índices para serem aplicados. São eles: GLI, PVR e PPR. O índice GLI utiliza as bandas do Vermelho, Verde e Azul; o índice PVR utiliza as bandas do Vermelho e do Verde; e o índice PPR utiliza as bandas do Verde e do Azul, como podemos observar no fluxograma abaixo (Figura 2).

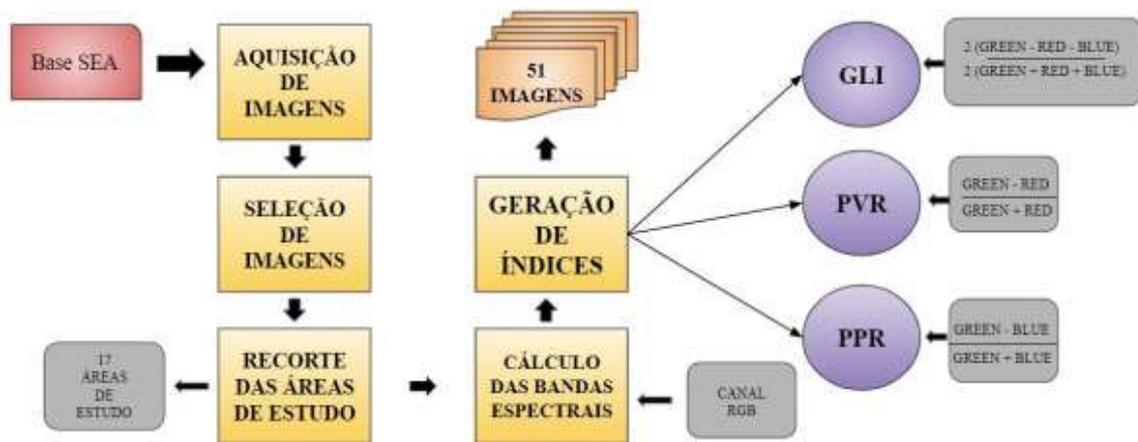


Figura 2. Fluxograma da metodologia.

Aplicou-se os três índices em todas as imagens selecionadas, incluindo-se as de referência (Figura 3), que correspondem às imagens mais antigas, e as imagens mais atuais (Figura 4). Utilizou-se a álgebra de matrizes através do software *ArcGis 10.5*. Após a aplicação dos índices (Figura 5), foi calculada a diferença entre as duas imagens de cada área, tendo-se assim, como resultado, a diferença entre as datas, o que gerou 17 imagens de diferença para cada índice, totalizando 51 resultados. Esses resultados correspondem às mudanças detectadas na paisagem, que podem ser associadas a diferentes naturezas, como supressão e regeneração.



Figura 3. Exemplo de Imagem de Referência



Figura 4. Exemplo de Imagem Atual

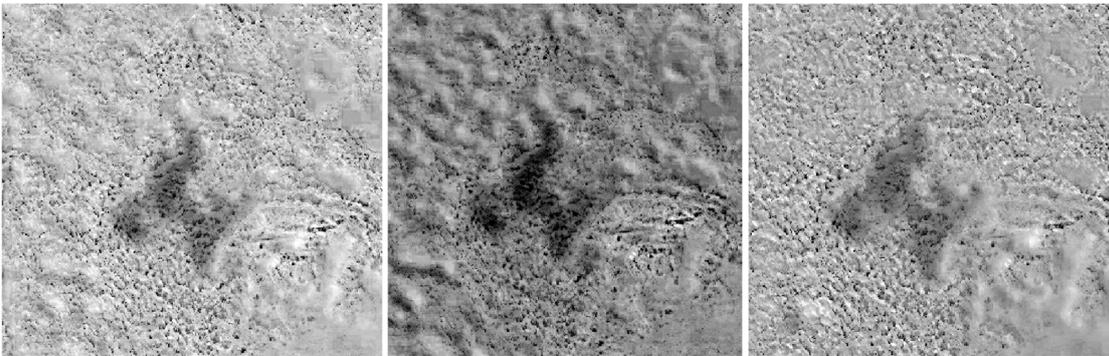


Figura 5. Índice GLI; Índice PPR; Índice PVR.

Como pode ser observado nas imagens utilizadas no exemplo, quanto mais escura for a resposta na imagem, maior a intensidade de mudança na paisagem, quanto mais clara for a resposta, menor a intensidade de mudança.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir das 17 áreas de estudo e dos 3 índices aplicados nas imagens, chegou-se ao total de 54 imagens-diferença analisadas, onde foi possível observar que os índices responderam bem tanto para as áreas florestadas, que é o objeto de estudo desta pesquisa, quanto para as áreas verdes em geral, incluindo as gramíneas.

Analisando os três índices que foram aplicados, GLI, PPR e PVR, pôde-se constatar que todos eles conseguiram detectar as mudanças ocorridas na paisagem referentes à supressão florestal, apesar de apresentarem níveis diferentes de erros de omissão - quando deixa de detectar a mudança -, e de erros de comissão - quando se detecta a mais do que se deveria.

Dos três índices o que apresentou melhores resultados, com o menor erro de omissão e de comissão, foi o índice PVR (Figura 6), que é composto pelas bandas Verde e Vermelha. Isto faz sentido quando se considera a revisão bibliográfica, pois essas duas bandas, na ausência do Infravermelho Próximo (NIR), geralmente são as que respondem melhor à vegetação. O índice PVR também foi o que demonstrou menor confusão nas áreas de dúvida de mudança/não mudança.

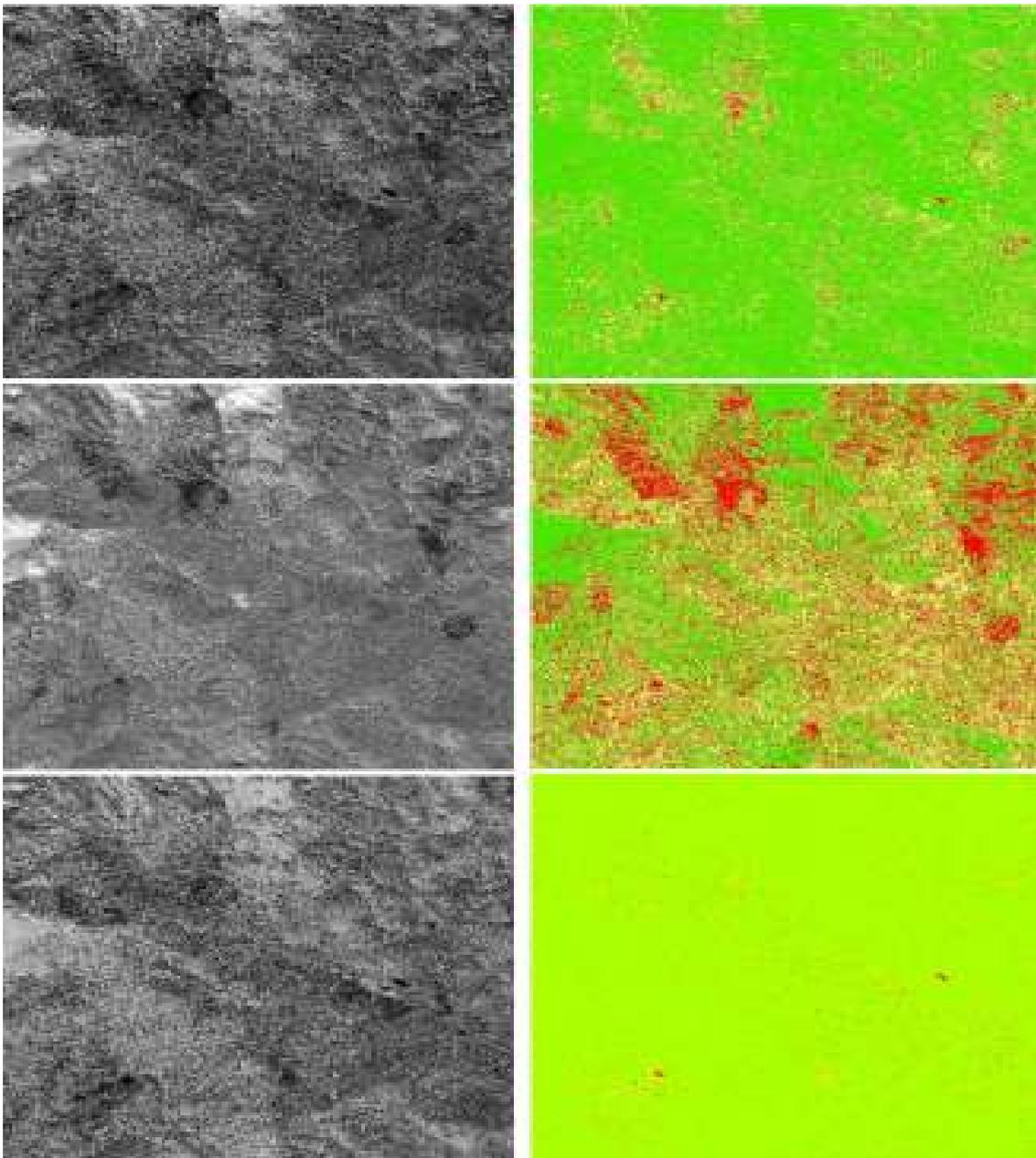


Figura 6. Índice GLI, PPR e PVR em Níveis de Cinza e em Composição Colorida.  
Vermelho=mudança; verde=não mudança; amarelo=área de dúvida.

A seguir, é possível observar alguns exemplos referentes às áreas analisadas que demonstram o comportamento do índice citado na detecção de mudanças para a

supressão florestal em áreas com diferentes condições de iluminação, e relevo (Figuras 7, 8 e 9). É válido ressaltar que essas áreas foram verificadas através do software Google Earth.



Figura 7. Imagem de Referência/Imagem Atual/Detecção de Mudança. Vermelho = mudança; verde = não mudança; amarelo = área de dúvida.



Figura 8. Imagem de Referência/Imagem Atual/Detecção de Mudança. Vermelho = mudança; verde = não mudança; amarelo = área de dúvida.



Figura 9. Imagem de Referência/Imagem Atual/Detecção de Mudança. Vermelho = mudança; verde = não mudança; amarelo = área de dúvida.

Além de áreas grandes de supressão florestal, é possível ver que o índice também possibilita a percepção de mudanças bem pequenas, quase irrelevantes, dado que cada pixel corresponde a  $0,25m^2$ . A análise de todos os resultados obtidos possibilitou observar que o método adotado pode ser aplicado em diferentes condições. Referente

aos exemplos expostos, em ordem temos, uma área de encosta com baixa luminosidade (figura 7); uma área plana com boa luminosidade (figura 8); e uma área de encosta com boa luminosidade (figura 9).

Condições de baixa iluminação nas imagens acarretam maiores confusões na detecção de mudanças, o que explica a maior quantidade de ruídos neste caso. Assim, condições de iluminação foram consideradas preponderantes para a obtenção de melhores resultados. Ou seja, se a iluminação for favorável, a resposta também será, tendo-se uma menor geração de ruídos.

Constatou-se que o índice também é capaz de detectar áreas verdes compostas por outros tipos de coberturas, como as gramíneas. Quando isso ocorre geralmente é identificado como áreas de dúvida, embora seja possível identificar igualmente a retirada dessa cobertura vegetal. É considerado importante pensar em ajustes que possibilitem reduzir o nível de ruídos nos resultados como a aplicação de filtros.

## **CONCLUSÃO**

A avaliação do uso dos índices espectrais GLI, PPR e PVR, compostos apenas por bandas do espectro visível, como método de detecção de mudanças, apontou para a possibilidade de identificação de mudanças em áreas florestadas, considerando diferentes condições de relevo e iluminação da Mata Atlântica.

Dos três índices estudados nesta pesquisa, o que apresentou um melhor comportamento para a identificação de mudanças foi o índice PVR (GREEN - RED/GREEN + RED), que utiliza as bandas do Vermelho e do Verde. Este índice demonstrou um alto nível de resposta à detecção de mudanças tanto em áreas florestadas, quanto em áreas verdes em geral. Como o foco da presente pesquisa eram as áreas florestadas, as demais áreas verdes detectadas foram consideradas como erros de comissão.

Ressalta-se que os índices apresentaram melhor resposta em áreas com maior luminosidade, independentemente do tipo de relevo. Quanto a erros de omissão, pelo menos nas áreas pré-definidas como mudança pelo Projeto Olho no Verde, não foi registrado nenhum caso. Além disso, o método foi capaz de identificar áreas que sofreram supressão florestal que não tinham sido devidamente identificadas previamente no Projeto Olho no Verde, o que reforça a utilidade da aplicação desta metodologia.

Mesmo o índice PVR se mostrando eficaz, é notória a presença de uma grande quantidade de ruídos, assim como também nas imagens geradas através dos índices GLI e PPR. Para eliminação desses ruídos deve-se estudar a aplicação de filtros.

Comprova-se que é possível ser aplicado métodos que utilizem apenas bandas do espectro visível para análise de detecção de mudanças em áreas florestadas. Com isso, espera-se que o método possa ser aplicado em imagens de alta resolução de diferentes satélites para comprovação da eficácia do mesmo e, assim, ser utilizado no monitoramento em escala de detalhe, auxiliando no monitoramento ambiental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, Felipe Gonçalves. Análise espaço-temporal e trajetória evolutiva da Mata Atlântica através de imagens orbitais entre 1985 e 2018 no estado do Rio de Janeiro. 2019.

EMBRAPA. Sensoriamento Remoto - Capítulo 4. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103388/1/Cap.-4.pdf>>. Acesso em 11/2019.

FRANÇA, A. F. de; TAVARES-JÚNIOR, J. R.; MOREIRA-FILHO, J. C. C. Índices NDVI, NDWI e NDBI como ferramentas ao mapeamento temático do entorno da lagoa Olho D'Água, em Jaboatão dos Guararapes – PE. In: IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação. Anais... Recife – PE, 06 a 09 de maio de 2012, p. 001-009.

INEA. Instituto Estadual do Ambiente. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/olho-no-verde/>> Acesso em: 11/2019.

LONGLEY, P. A; GOODCHILD, M.F; MAGUIRE D.J; RHIND D.W. Sistemas e Ciência da Informação Geográfica. 3. Ed. Porto Alegre, Bookman, 540p. 2013.

SANTOS, Rozely F dos. Planejamento ambiental: teoria e prática. 184p. Oficina de Textos, São Paulo, SP, Brasil. ISBN, v. 355771044, 2004.

SINGH, A. (1989). Review article digital change detection techniques using remotely-sensed data. International journal of remote sensing, 10(6), 989-1003.