

# DETECÇÃO DE MUDANÇAS DE MANGUEZAL COM O USO DO ALGORITMO LANDTRENDR NOS MANGUEZAIS DE FUNDO DA BAÍA DE GUANABARA - RJ

Igor Tostes de Sant'Anna<sup>1</sup>

Debora da Paz Gomes Brandão Ferraz<sup>2</sup>

Paula Maria Moura de Almeida<sup>3</sup>

46

**Resumo:** Manguezal é um ecossistema transicional oceano-continente, com importantes funções nos aspectos ambientais, econômicos, culturais e sociais. Eles têm sofrido pressões antrópicas, sendo necessária atenção em sua preservação. As geotecnologias são importantes ferramentas na preservação dos manguezais, em especial, o sensoriamento remoto, através da utilização de séries temporais de imagens de satélites. Esses estudos foram automatizados de diversas formas, dentre elas, o algoritmo LandTrendr, utilizado dentro da plataforma Google Earth Engine. O presente trabalho busca estudar a utilização do algoritmo LandTrendr para o estudo de manguezais. A área de estudo compreende o recôncavo da Baía de Guanabara. Os resultados obtidos apresentaram kappa de 0,815 para a perda de vegetação e 0,848 para ganho. Indicando que ganhos predominam sobre as perdas, e se concentram entre 1987 e 1989, com alguns picos de ganho entre 1994 e 1996. A perda foi concentrada entre 1987 e 1990, também com picos entre 2009 e 2014.

**Palavras-chave:** LandTrendr; sensoriamento remoto; manguezal.

## DETECTION OF MANGUEZAL CHANGES WITH THE USE OF THE LANDTRENDR ALGORITHM IN THE BOTTOM MANGUEZALS OF THE BAY OF GUANABARA - RJ

**Abstract:** Mangrove is an ocean-continent transitional ecosystem, with important functions in environmental, cultural and social aspects. They have anthropic restrictions, requiring attention to their

<sup>1</sup> Universidade Federal Fluminense - Departamento de Geografia - Av. Gal. Milton Tavares de Souza, s/nº, Boa Viagem – Niterói/RJ, CEP 24210 346. Bacharel em Geografia – UFF - igortostes@id.uff.br; <https://orcid.org/0000-0003-0604-0989>

<sup>2</sup> Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia (Posgeo) – UFF- debora.ferraz93@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2826-1715>

<sup>3</sup> Professora Adjunta do Departamento de Geografia – UFF- paulamoura@id.uff.br; <https://orcid.org/0000-0003-1575-3366>

Sant'Anna, Ferraz, Almeida. *Detecção de mudanças de manguezal com o uso do algoritmo Landtrendr nos manguezais de fundo da Baía de Guanabara – RJ*

preservation. Geotechnologies are important tools in the preservation of mangroves, especially remote sensing, using time series of satellite images. These studies were automated in several ways, among them, the users LandTrendr, within the Google Earth Engine platform. The work seeks to study the use of LandTrendr for the study of mangroves. The study area comprises the Guanabara Bay Recôncavo. The results obtained from kappa of 0.815 for vegetation loss and 0.848 for gain. Indicating that gains predominate over populations, and are concentrated between 1989, with some gains between 1994 and 1996. The loss was concentrated between 1994 and 1996. 1987 and 1990, also with peaks between 2009 and 2014.

**Keywords:** LandTrend; remote sensing; mangroove.

### DETECCIÓN DE CAMBIOS DE MANGUEZAL CON EL USO DEL ALGORITMO LANDTRENDR EN LOS MANGUEZALES DE FONDO DE LA BAHÍA DE GUANABARA - RJ

**Resumen.** El manglar es un ecosistema de transición océano-continente, con funciones importantes en los aspectos ambientales, económicos, culturales y sociales. Han sufrido presiones antrópicas, requiriendo atención para su preservación. Las geotecnologías son herramientas importantes en la preservación de los manglares, especialmente la teledetección, mediante el uso de series temporales de imágenes satelitales. Estos estudios se automatizaron de varias maneras, incluido el algoritmo LandTrendr, utilizado dentro de la plataforma Google Earth Engine. El presente trabajo busca estudiar el uso del algoritmo LandTrendr para el estudio de manglares. El área de estudio comprende el Recôncavo de la Bahía de Guanabara. Los resultados obtenidos mostraron kappa de 0.815 para pérdida de vegetación y 0.848 para ganancia. Indicando que las ganancias predominan sobre las pérdidas, y se concentran entre 1987 y 1989, con algunos picos de ganancia entre 1994 y 1996. La pérdida se concentró entre. 1987 y 1990, también con picos entre 2009 y 2014.

**Palabras clave:** LandTrend; detección remota; mangle.

### Introdução

A população brasileira atualmente está estimada em cerca de 214 milhões de habitantes (IBGE, 2022), desse quantitativo, cerca de 26% residem em municípios da região costeira. A região costeira brasileira se estende por uma área de aproximadamente 324 mil Km<sup>2</sup> (MMA, 2008), sendo encontrados diversos ecossistemas, dentre eles o manguezal. Segundo Soares (1997) os manguezais são um ecossistema costeiro que ocorre em regiões tropicais e subtropicais do mundo ocupando as áreas entre marés. É

Sant'Anna, Ferraz, Almeida. *Detecção de mudanças de manguezal com o uso do algoritmo Landtrendr nos manguezais de fundo da Baía de Guanabara – RJ*

caracterizado por vegetação lenhosa típica, adaptada às condições limitantes de salinidade, substrato inconsolidado e pouco oxigenado e frequente submersão pelas marés.

Os manguezais estão relacionados a diversas atividades e funções, entre as ecológicas é possível citar que são fontes de matéria orgânica; área de abrigo, reprodução, desenvolvimento e alimentação de diversas espécies, além de ser filtro de poluentes e proteger a região costeira (SOARES, 1997), em relação ao seu valor cultural, os manguezais estão associados a religiões, lendas e divindades nas mais diversas regiões do país.

No caso do estado do Rio de Janeiro, o recôncavo da Baía de Guanabara, é o maior reduto de manguezais em área contínua da região litorânea da Baía de Guanabara. Os remanescentes de manguezais podem ser encontrados na região litorânea dos municípios de Magé, Guapimirim, São Gonçalo e Itaboraí (PIRES, 2010). Por sua importância ecológica, as florestas dessa região estão inseridas em duas unidades de conservação: a Áreas de Proteção Ambiental (APA) de Guapimirim e a Estação Ecológica (ESEC) da Guanabara. Atualmente, a APA de Guapimirim é o principal abrigo dos remanescentes de manguezais da região metropolitana no Rio de Janeiro.

A criação da APA (criada em 1984) bem como da ESEC (criada em 2006) se deu a partir da necessidade de proteção dessas áreas que sofrem com a deterioração da baía de Guanabara desde o período colonial (COELHO, 2007) e tendo seu auge a partir da década de 1950 devido a expansão industrial da Região Metropolitana do Rio de Janeiro - RMRJ (BRITTO, 2003), além da urbanização da região, outra influente variável importante na questão da pressão antrópica na região.

A partir dessas informações, se verifica a importância desse ecossistema e dos remanescentes de manguezais no recôncavo da Baía de Guanabara além da necessidade de sua preservação, em especial ao se considerar o panorama atual de uma crise ambiental global. Uma das ferramentas que podem ser utilizadas para o estudo e interpretação do espaço geográfico é o sensoriamento remoto.

Sant'Anna, Ferraz, Almeida. *Deteção de mudanças de manguezal com o uso do algoritmo Landtrendr nos manguezais de fundo da Baía de Guanabara – RJ*

Dentre as potencialidades do uso do sensoriamento remoto, pode-se destacar o estudo das trajetórias evolutivas, que a partir de uma série histórica, é possível acompanhar a dinâmica da cobertura da terra, possibilitando dados mais completos para análise (WECKMULLER, 2018).

Existem atualmente ferramentas capazes de otimizar os estudos relacionados a detecção de mudanças, sendo o algoritmo LandTrendr uma dessas ferramentas, desenvolvida originalmente para automatizar a detecção de mudanças de florestas (KENNEDY et al., 2010). O LT posteriormente foi integrado à plataforma Google Earth Engine (GEE) de acordo com Kennedy et al., (2018) facilitando assim sua aplicação. O uso desse algoritmo em ecossistemas do tipo manguezal ainda apresenta uma lacuna de conhecimento, havendo poucos trabalhos. Um dos exemplos de uso é o estudo desenvolvido por Jong (2021) utilizando o LandTrendr para estudos de manguezais na região do Suriname.

O trabalho de Jong et al. (2021) analisa a série espectrotemporal que se estende de 2000 a 2018, com intuito de acompanhar a erosão e a acresção de vegetação de manguezal. No trabalho, se verificou que as mudanças na cobertura de manguezais na costa do Suriname pode chegar, em alguns anos, a 12 km<sup>2</sup>. Em relação ao método empregado, os autores concluíram que o algoritmo *LandTrendr* mostrou-se útil para os estudos de manguezais apesar de salientar que não devem ser excluídos as interferências nos resultados causadas por outros tipos de vegetação no entorno.

Com os avanços tecnológicos, como o desenvolvimento de algoritmos capazes de automatizar este processo e a necessidade de um maior conhecimento do comportamento dos manguezais mediante a crescente pressão antrópica, este estudo busca entender o comportamento dos manguezais de fundo da Baía de Guanabara, que conta com regiões de forte pressão antrópica, como também com regiões de preservação ambiental tal qual a APA de Guapimirim e a ESEC Guanabara. Ainda, outro objetivo deste trabalho é investigar a aplicação do algoritmo LandTrendr para o ecossistema manguezal no Brasil.

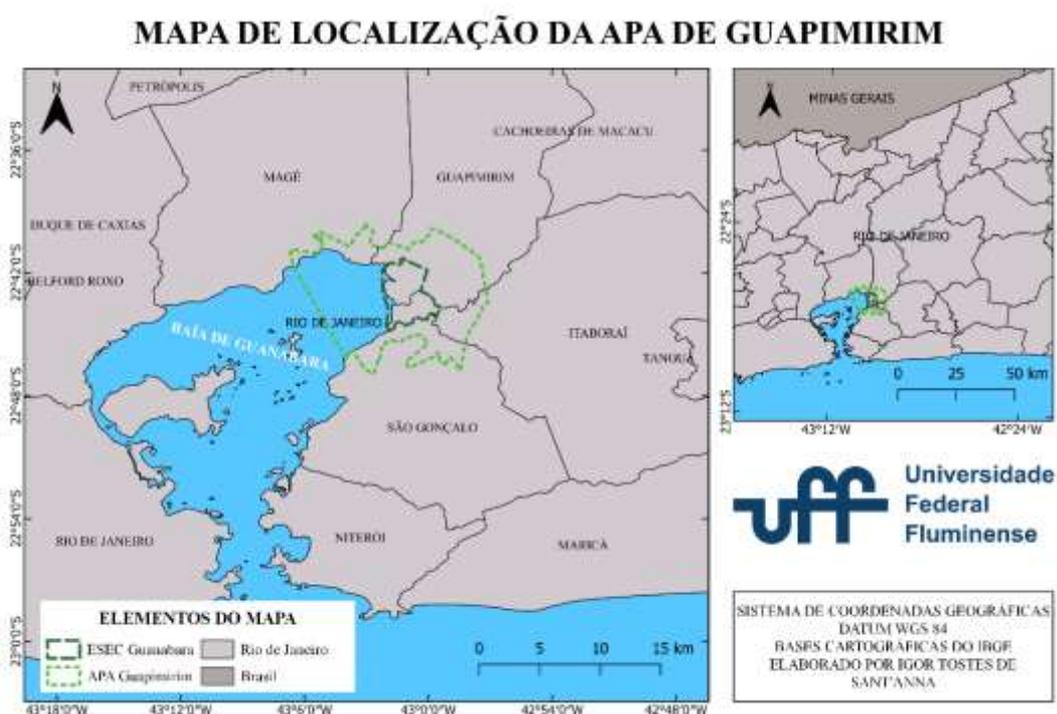
Sant'Anna, Ferraz, Almeida. *Detecção de mudanças de manguezal com o uso do algoritmo Landtrendr nos manguezais de fundo da Baía de Guanabara – RJ*

## METODOLOGIA

### Área de estudo

A área de estudo selecionada está compreendida na região de fundo da baía de Guanabara, que é uma baía oceânica situada no litoral do estado do Rio de Janeiro, e ocupa uma área superficial tem 384 Km<sup>2</sup> (KJERFVE et al., 1997). Uma importante característica da área de estudo é seu histórico de ocupação, marcado por um elevado grau de urbanização, tendo sua densidade populacional média em cerca de 2100 pessoas/km<sup>2</sup> (LIMA, 2009). A forte presença humana na região foi um importante fator de influência na escolha da região de estudo (Figura 1).

Figura 1: Mapa de Localização da Área de Estudo



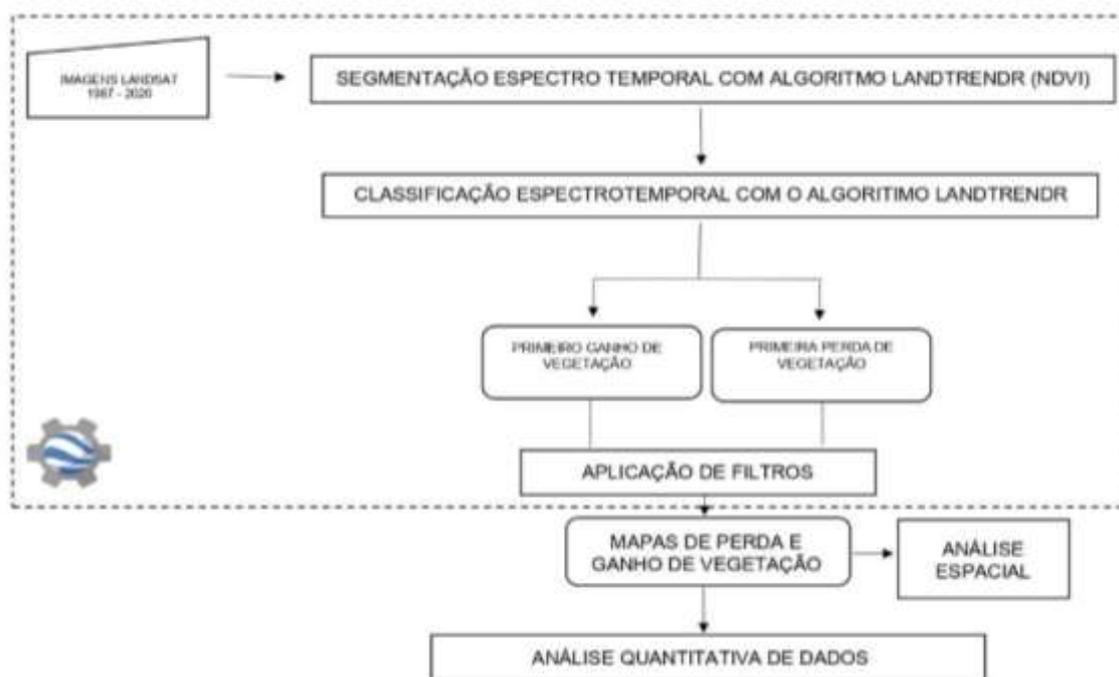
Fonte: Elaboração dos autores

### Metodologia Analítica

Para a análise espectro-temporal dos manguezais foi adotado o uso do algoritmo *LandTrendr*, na plataforma *Google Earth Engine* (KENNEDY et al., 2010). A análise foi realizada em 3 etapas: 1) Segmentação Temporal da Trajetória; 2) Mapeamento das Sant'Anna, Ferraz, Almeida. *Deteção de mudanças de manguezal com o uso do algoritmo Landtrendr nos manguezais de fundo da Baía de Guanabara – RJ*

Trajetórias; 3) Análise das Trajetórias Evolutivas. Sendo as duas primeiras etapas realizadas com o uso do algoritmo *LandTrendr*, com o auxílio do *Google Earth Engine*, enquanto a terceira etapa foi realizada a partir da utilização do software livre QGis. A figura 2 é um fluxograma representativo da metodologia utilizada para o presente trabalho.

Figura 2: Fluxograma metodológico



Fonte: Elaboração dos autores

### Segmentação Temporal das Trajetórias

Durante esta etapa, são utilizadas imagens do catálogo de imagens do satélite *Landsat*, que são convertidas para índices de refletância para superfície (GEE USER GUIDE, 2020). O primeiro pacote de algoritmos utilizado é denominado *UI LandTrendr Pixel Time Series Plotter*. Este pacote tem como função ajustar a curva espectral de trajetórias em segmentos. A escolha do descritor e dos parâmetros utilizados estão relacionados às características da área de estudo. (WECKMÜLLER, 2018). O algoritmo resulta em trajetórias arbitrárias, fazendo-se necessário o uso de descritores e parâmetros para controle dos processos.

Sant’Anna, Ferraz, Almeida. *Deteção de mudanças de manguezal com o uso do algoritmo Landtrendr nos manguezais de fundo da Baía de Guanabara – RJ*

O algoritmo traça uma trajetória espectral ao longo do período de análise ao se selecionar um pixel, correspondente a um ponto selecionado. É gerada uma curva que representa a trajetória espectral da dinâmica do solo naquele pixel ao longo dos anos. (GEE USER GUIDE, 2020). É possível ainda que sejam aplicadas máscaras de nuvens e sombra de nuvens diretamente no GEE, e essas máscaras são responsáveis por filtrar os falsos eventos, para que a qualidade do resultado seja maior. (FRAGAL, 2015).

Na etapa seguinte, utiliza-se o pacote *UI LandTrendr Change Mapper*, onde ocorre a definição das classes e dos valores de filtragem (KENNEDY et al., 2018). O índice espectral escolhido foi o NDVI, *Normalized Difference Vegetation Index*. O NDVI atua na detecção de presença ou ausência de vegetação utilizando-se dos comprimentos de onda do vermelho e infravermelho próximo, destacando assim, a presença ou ausência de vegetação (ORNELLAS; LOPES, 2020).

Os parâmetros utilizados para a segmentação temporal das trajetórias foram estabelecidos empiricamente, a partir de testes baseados nos parâmetros utilizados por Jong (2021) e aprimorados conforme a área de interesse. Os parâmetros adotados para este trabalho e são apresentados na tabela 1.

**TABELA 1: PARAMETROS DE SEGMENTAÇÃO TEMPORAL DAS TRAJETÓRIAS**

PARÂMETRO	INDICADOR	PARÂMETRO	INDICADOR
<i>Max Segments</i>	12	<i>Recovery Threshold</i>	1
<i>Spike Threshold</i>	0,2	<i>p-value Threshold:</i>	0,05
<i>Vertex Count</i> <i>Overshoot</i>	3	<i>Best Model</i> <i>Proportion</i>	1
<i>Prevent One Year</i> <i>Recovery</i>	true	<i>Min Observations</i> <i>Needed</i>	6

Sant’Anna, Ferraz, Almeida. *Deteção de mudanças de manguezal com o uso do algoritmo Landtrendr nos manguezais de fundo da Baía de Guanabara – RJ*

Fonte: Elaboração dos autores

### Mapeamento das Trajetórias Evolutivas

A etapa seguinte a segmentação de trajetórias, é a classificação das trajetórias, que corresponde também a etapa final da obtenção de trajetórias, onde ocorre a inserção de máscaras de trajetórias além da definição dos parâmetros para a geração de dados.

Foram aplicadas máscaras para nuvem, sombra, neve e água. Foi realizada a escolha dos seletores, neste caso, foram estabelecidos os seletores como primeira perda de vegetação e primeiro ganho de vegetação.

A tabela 2 indica os parâmetros utilizados para esta etapa, que foram definidos com base em testes, onde a magnitude foi definida a partir da variação observada em diversos pontos, e o período baseado em o ganho e a perda de vegetação ocorrem mais comumente de forma abrupta (SANTA'ANNA, 2022).

**TABELA 2: PARÂMETROS DE CLASSIFICAÇÃO DAS TRAJETÓRIAS**

PARÂMETRO	INDICADOR
Primeira Detecção (Ganho / Perda)	> 1 ano
Magnitude	> 100

Fonte: Elaboração dos autores

### Análise das Trajetórias Evolutivas

A partir da definição dos parâmetros de segmentação e classificação, os parâmetros definidos são aplicados ao código do algoritmo *LandTrendr*, disponível em <[https://code.earthengine.google.com/?accept\\_repo=users/emaprlab/public](https://code.earthengine.google.com/?accept_repo=users/emaprlab/public)> onde o Sant'Anna, Ferraz, Almeida. *Detecção de mudanças de manguezal com o uso do algoritmo Landtrendr nos manguezais de fundo da Baía de Guanabara – RJ*

script é modificado conforme os seletores pré-estabelecidos nas etapas anteriores. Ao código do *LandTrendr* é acrescentado um código para a filtragem de ruídos.

A partir das imagens geradas foram então elaborados mapas utilizando-se o software QGIS. Foram gerados mapas de primeira detecção de perda e primeira detecção de ganho de vegetação. Dos dados *rasters* obtidos, ainda pode-se extrair dados quantitativos resultando em tabelas e gráficos que permitem uma melhor compreensão da dinâmica da região estudada.

### **Validação de dados**

Para a validação dos dados, inicialmente foram criados de forma aleatórias 50 pontos na área de estudo com o auxílio do software QGIS. A partir daí, foi feita a leitura do ano de detecção de mudança em cada um dos pontos selecionados de acordo com a detecção aferida pelo *LandTrendr*.

Como verdade, utilizou-se os dados obtidos com o pacote de algoritmos criado por Yin (2018), que congrega imagens dos satélites *Landsat* e *Sentinel*. Não foi possível realizar atividade de campo para confirmação dos resultados devido as condições sanitárias provocadas pela pandemia de SARS-CoV-2. Com esses dados, foi criada uma matriz de confusão e realizado o cálculo de kappa para validar os resultados obtidos com o algoritmo *LandTrendr*.

## **RESULTADOS**

Os resultados obtidos com a utilização do algoritmo *LandTrendr* foram validados de forma a se obter uma maior confiabilidade em seus dados.

### **Validação de Dados**

Sant'Anna, Ferraz, Almeida. *Detecção de mudanças de manguezal com o uso do algoritmo Landtrendr nos manguezais de fundo da Baía de Guanabara – RJ*

Para a validação dos dados, foi elaborada uma matriz de confusão para perda de vegetação e uma para ganho de vegetação para o cálculo do índice kappa, sendo as matrizes de confusão apresentadas pelas tabelas 3 e 4.

**TABELA 3: MATRIZ DE CONFUSÃO PARA PERDA DE VEGETAÇÃO.**

	Classes	Verdade							Total	Acurácia de Usuário	Erro de Comissão	Exatidão Total	kappa
		1987 - 1991	1992 - 1996	1997 - 2001	2002 - 2006	2007 - 2011	2012 - 2016	2017 - 2020					
LT-GEE	1987 - 1991	17	0	2	0	1	0	0	20	85,00%	15,00%	0,861	0,815
	1992 - 1996	2	12	0	0	0	0	1	15	80,00%	20,00%		
	1997 - 2001	0	2	10	2	0	0	0	14	71,43%	28,57%		
	2002 - 2006	0	0	0	11	0	0	0	11	100,00%	0,00%		
	2007 - 2011	0	0	3	0	10	0	0	13	76,92%	23,08%		
	2012 - 2016	0	0	0	0	0	13	0	13	100,00%	0,00%		
	2017 - 2020	0	0	0	0	0	1	14	15	93,33%	6,67%		
Total	19	14	15	13	11	14	15	101					
Acurácia de Produtor	89,47%	85,71%	66,67%	84,62%	90,91%	92,86%	93,33%						
Erro de omissão	10,53%	14,29%	33,33%	15,38%	9,09%	7,14%	6,67%						

Fonte: elaborado pelos autores

**TABELA 4: MATRIZ DE CONFUSÃO PARA GANHO DE VEGETAÇÃO**

	Classes	Verdade							Total	Acurácia de Usuário	Erro de Comissão	Exatidão Total	Kappa
		1987 - 1991	1992 - 1996	1997 - 2001	2002 - 2006	2007 - 2011	2012 - 2016	2017 - 2020					
LT-GEE	1987 - 1991	14	1	0	0	0	0	0	15	93,33%	6,67%	0,870	0,848
	1992 - 1996	1	14	2	0	0	0	0	17	82,35%	17,65%		
	1997 - 2001	3	1	11	0	0	0	0	15	73,33%	26,67%		
	2002 - 2006	0	0	1	10	0	0	0	11	90,91%	9,09%		
	2007 - 2011	0	0	0	1	11	1	0	13	84,62%	15,38%		
	2012 - 2016	0	0	0	0	0	14	2	16	87,50%	12,50%		
	2017 - 2020	0	0	0	0	0	0	13	13	100,00%	0,00%		
Total	18	16	14	11	11	15	15	100					
Acurácia de Produtor	77,78%	87,50%	78,57%	90,91%	100,00%	93,33%	86,67%						
Erro de Omissão	22,22%	12,50%	21,43%	9,09%	0,00%	6,67%	13,33%						

Fonte: elaborado pelos autores

Sant’Anna, Ferraz, Almeida. *Deteção de mudanças de manguezal com o uso do algoritmo Landtrendr nos manguezais de fundo da Baía de Guanabara – RJ*

O valor de exatidão total para perda de vegetação foi de 0,861 e de ganho de vegetação foi de 0,87. Para a perda de vegetação, kappa foi de 0,815, enquanto para ganho foi de 0,848. Os valores de kappa indicam, de acordo com Congalton e Green (2009), bons resultados de validação.

Na perda de vegetação, observou-se boa acurácia de usuário nas extremidades das classes de detecção, com redução de acurácia nas classes médias. O mesmo comportamento se repetiu na acurácia de produtor. Para o ganho de vegetação o algoritmo apresentou boa resposta em todas as classes, tanto na acurácia de usuário como na de produtor

É de se destacar também, que na última classe de ganho de vegetação, não foram constatados erros de comissão, indicando uma boa precisão nos dados mais recentes, que englobam o período de 2012 a 2020.

De modo geral, os erros de comissão, ou seja, pontos que foram indevidamente incluídos em uma categoria, foram maiores entre os resultados de perda de vegetação do que no ganho de vegetação. Ele se repete quanto aos erros de omissão, ou seja, pontos que deveriam ser classificados em uma dada classe não o foram classificados.

### **Análise dos resultados**

Após a execução do algoritmo *LandTrendr* foram gerados dois arquivos *raster*, sendo um arquivo com os dados da primeira detecção de perda e o outro com a primeira detecção de ganho de vegetação nos manguezais da área de estudo. O período analisado compreende o intervalo de 1987 a 2020, acompanhando a série histórica dos satélites *Landsat*. A análise da dinâmica da vegetação de manguezal foi realizada tanto a partir dos dados quantitativos como também com auxílio dos mapas gerados a partir dos *rasters* obtidos.

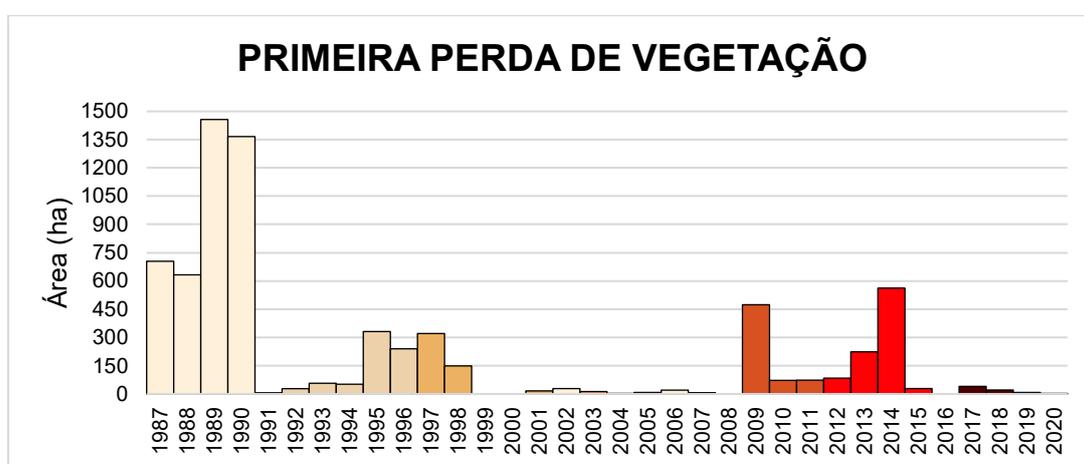
### **Primeira Perda de Vegetação**

A primeira detecção de perda de vegetação pode ser definida como o ano em que é detectado o decréscimo de vegetação em um dado pixel pela primeira vez, ou seja, a perda mais antiga de vegetação detectada em um pixel (SANT'ANNA, 2022). A área total

Sant'Anna, Ferraz, Almeida. *Detecção de mudanças de manguezal com o uso do algoritmo Landtrendr nos manguezais de fundo da Baía de Guanabara – RJ*

onde ocorreu decréscimo de vegetação foi de cerca de 7 mil hectares, e o gráfico 1 apresenta os dados quantitativos para essa análise.

Gráfico 1: Área de primeira perda de vegetação



Fonte: Elaborado pelos autores

A perda de vegetação é elevada já no primeiro ano do mapeamento, 1987, e atinge seu auge em 1989, com mais de 1400 ha perdidos. A partir de 1990, ocorre uma grande tendência de queda, com um pequeno sobressalto em 1995 a 2000 e picos em 2008 e 2014, mas que não chegam a atingir valores maiores que maior que 800 ha. A distribuição espacial dessa da vegetação perdida pode ser visualizada com o auxílio da figura, que apresenta o mapa de distribuição de espacial.

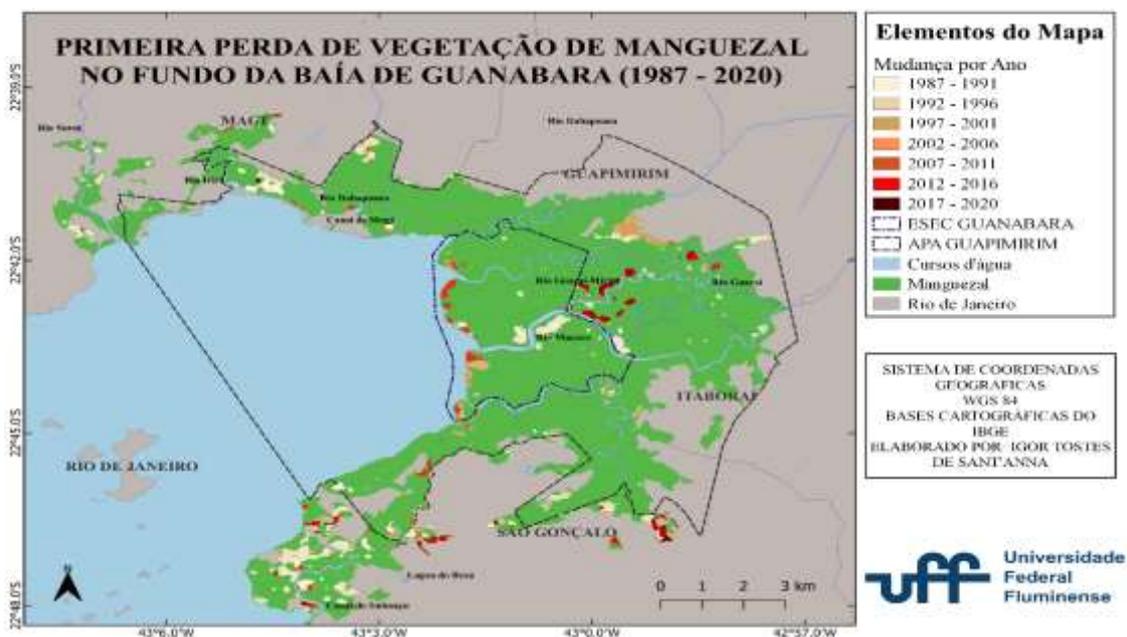
As perdas aconteceram em toda área de estudo, com destaque para as franjas ao longo de todo o manguezal. Outro fator de destaque, são as supressões de vegetação dentro da ESEC Guanabara, que ocorreram majoritariamente antes de sua criação em 2006 indicando uma possível eficiência em sua criação. Nas margens próximas aos rios Guarai-Mirim e Macacu ocorreu decréscimo de vegetação no período entre 2012 e 2019. Nas

Sant’Anna, Ferraz, Almeida. *Deteção de mudanças de manguezal com o uso do algoritmo Landtrendr nos manguezais de fundo da Baía de Guanabara – RJ*

margens do rio Macacu também ocorreram perdas entre 1987 e 1991, nas duas margens da APA, dentro do que seria a futura área da ESEC.

Entre os rios Guapi e Guaraí, já nos limites da APA, ocorreu declínio de vegetação no período entre 1992 e 2006. Fora da APA de Guapimirim, as perdas ocorreram principalmente no canal do Imboaçú, com declínio predominantes entre 1987 e 1996. No interior do manguezal do Suruí ocorreu diminuição de vegetação entre 1992 e 1996. Já as perdas mais recentes de vegetação foram identificadas em áreas limítrofes do manguezal, indicando possível pressão antrópica e perturbação no equilíbrio do local.

Figura 3: Mapa de distribuição espacial de detecção de primeira perda de vegetação.



Fonte: Elaboração dos autores

Com esses resultados, é possível apontar a criação das áreas de preservação como uma importante aliada na manutenção da vegetação de manguezal no recôncavo da Baía de Guanabara.

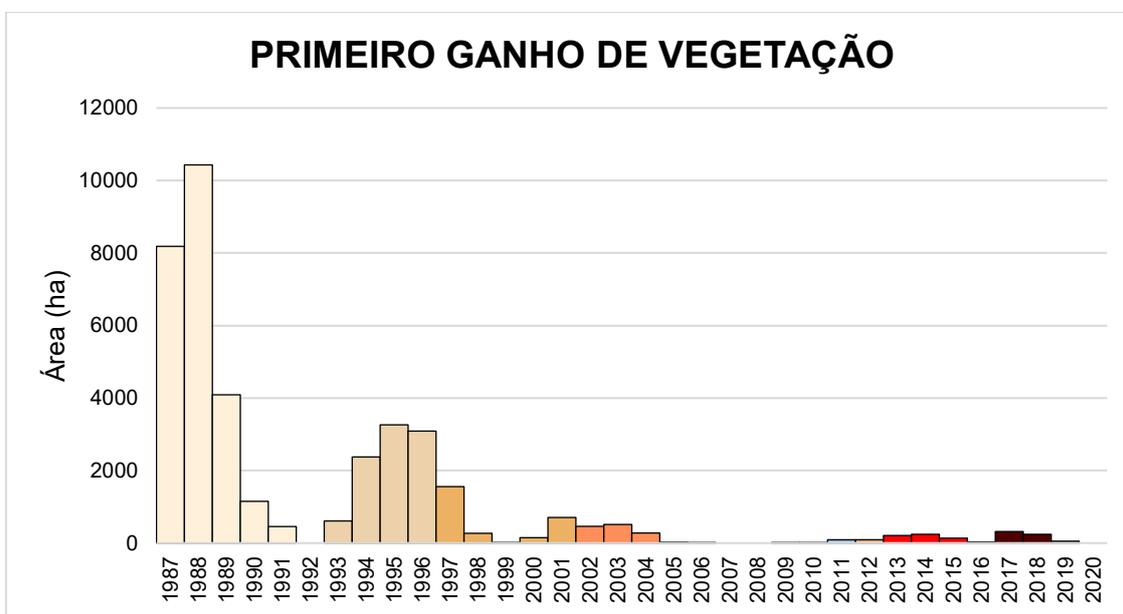
### Primeiro Ganho de Vegetação

Sant'Anna, Ferraz, Almeida. *Deteção de mudanças de manguezal com o uso do algoritmo Landtrendr nos manguezais de fundo da Baía de Guanabara – RJ*

A primeira detecção de ganho de vegetação pode ser definida como o ano em que é detectada ganho de vegetação em um dado pixel pela primeira vez ao longo da série temporal, ou seja, o ganho mais antigo de vegetação detectado em um pixel (SANT’ANNA, 2022).

Foi detectado ganho de quase 40 mil hectares, com destaque para os anos de 1987 e 1988, indicando um ganho considerável logo após a criação da APA de Guapimirim. Outros períodos de destaque são os anos de 1989 e o período de 1994 a 1997 que atingem ganhos na casa dos 4 mil hectares como pode ser evidenciado pelo gráfico 2.

**Gráfico 2: Área de primeiro ganho de vegetação.**



Fonte: Elaborado pelos autores

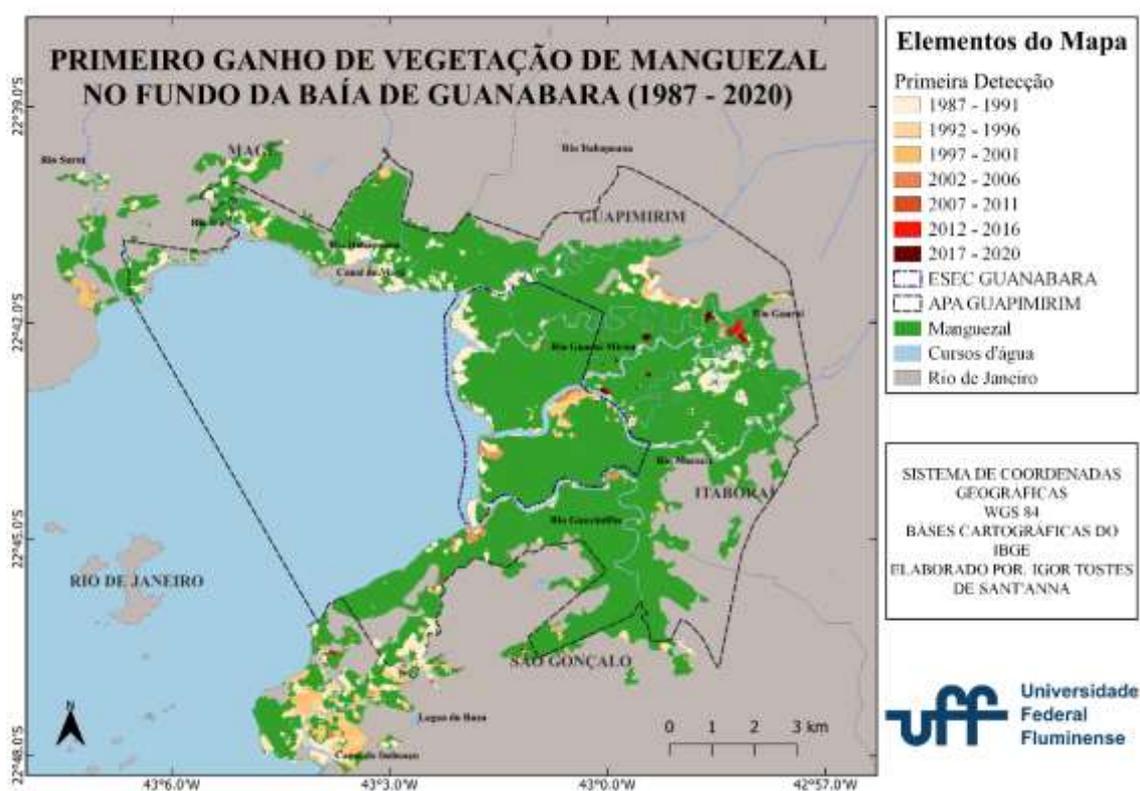
Os dados quantitativos indicam um padrão de grande detecção no início da série temporal, que pode estar relacionado a criação da APA de Guapimirim. Essa proteção gerada pela APA, pode ter sido um fator que possibilitou o crescimento do manguezal como um todo.

Os ganhos se distribuem espacialmente principalmente ao longo da franja do manguezal, como é possível ver na figura 4, e esse ganho se dá principalmente nos anos

Sant’Anna, Ferraz, Almeida. *Detecção de mudanças de manguezal com o uso do algoritmo Landtrendr nos manguezais de fundo da Baía de Guanabara – RJ*

iniciais do período de detecção (1987 a 1990). Próximo a franja, mas já adentrando a área, o destaque se deu para ganhos no período de 2002 a 2004 na parte mais ao sul da ESEC Guanabara, ainda antes de sua criação.

Figura 4: Mapa de distribuição espacial de detecção de primeiro ganho de vegetação.



Fonte: Elaboração dos autores

Nas margens do rio Macacu foi detectado ganho considerável no período de 1992 a 1996. Já nos limites do manguezal, nas proximidades dos rios Guapi e Guarai-Mirim, foram detectados ganhos destacáveis no período de 1987 a 2001. Fora da APA, nas

Sant'Anna, Ferraz, Almeida. *Detecção de mudanças de manguezal com o uso do algoritmo Landtrendr nos manguezais de fundo da Baía de Guanabara – RJ*

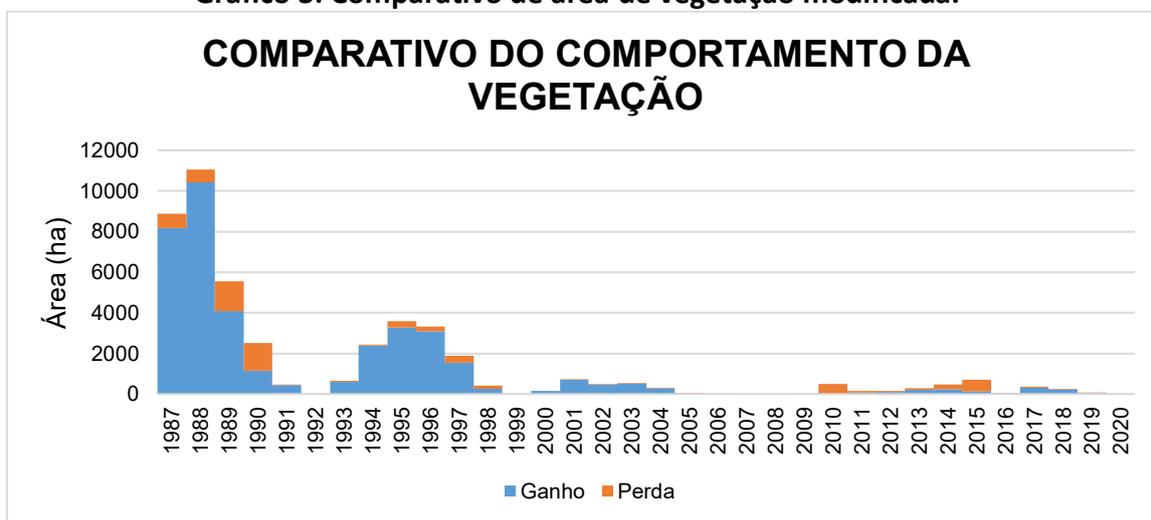
proximidades do Suruí os ganhos foram concentrados no período de 1987 a 1996. O mesmo ocorre nas proximidades do canal do Imboaçú.

Os ganhos mais tardios ocorreram próximos ao rio Guraí, no período entre 2012 e 2016, sendo está uma área que demorou a se desenvolver após perda apresentada entre 1987 e 1991. É evidente também, ganhos de vegetação próximo ao rio Guaxindiba, se destacando em 2000, no entanto, essa é uma área de perda conhecida, necessitando de maiores estudos para o entendimento deste tipo de ocorrência no local.

### Análise Comparativa

Uma importante análise, é a comparação dos resultados de perda e ganho de vegetação, e para uma melhor visualização, o gráfico 3 apresenta os resultados quantitativos que auxiliam nessa análise.

Gráfico 3: Comparativo de área de vegetação modificada.



Fonte: Elaboração dos autores

Com auxílio do gráfico, é possível observar uma tendência de ganho que os maiores índices tanto de ganho quanto de perda foram detectados predominantemente até o ano de 1990, indicando novamente a eficácia das áreas de preservação ambiental.

Além disso, é verificado que de modo geral, somente nos anos de 2011, 2014 e 2015 foram registrados maiores índices de perda de vegetação do que de ganho, indicando assim uma efetividade maior na preservação dos manguezais.

É importante reforçar que as perdas recentes merecem atenção, em anos como 2014 e 2015 elas são maiores que o ganho de vegetação, gerando assim um déficit de área de manguezal. A recente tendência de perda é um fator indicativo da necessidade de uma maior fiscalização para suprimir a exploração antrópica e um sinalizador para a importância do entendimento da dinâmica desse ecossistema. A perda de manguezal em um cenário de crise climática é uma situação crítica devido às suas funções ecológicas e geomorfológicas, ressaltando-se assim a necessidade de preservação dessas áreas.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com a metodologia aplicada foram satisfatórios, no entanto, os parâmetros utilizados podem ser melhorados para a otimização dos resultados e medições mais precisas. Os filtros utilizados foram de grande importância, para reduzir os efeitos causados por agentes naturais, gerando assim um menor ruído e uma imagem com mais qualidade. É importante destacar também, que o presente trabalho não contemplou atividade de campo devido às condições sanitárias referentes a pandemia de Covid-19, sendo o trabalho de campo uma ferramenta que poderia auxiliar numa melhor interpretação dos resultados.

Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram também com os resultados obtidos por Jong et al. (2021), que concluiu que o algoritmo LandTrendr possui potencialidades para o estudo de manguezais, ressaltando também as possíveis interferências nos resultados a partir da existência de outros tipos de vegetações limítrofes aos manguezais do Suriname.

Sant'Anna, Ferraz, Almeida. *Detecção de mudanças de manguezal com o uso do algoritmo Landtrendr nos manguezais de fundo da Baía de Guanabara – RJ*

A validação dos resultados foi realizada com auxílio de um algoritmo, que detecta no pixel escolhido a trajetória espectraltemporal, resultando em uma curva onde podem ser analisados os pontos de quebra. Além disso, foram realizados também testes visuais com o auxílio do *Google Earth Engine Timelapse* como uma forma de controle ao longo do período de execução dos testes.

Os valores de kappa, apesar de bons, abrem brecha para uma possibilidade de melhoria de parâmetros para a obtenção de melhores resultados, ainda que os valores obtidos possam ser considerados razoáveis.

O algoritmo *LandTrendr* se mostrou um importante aliado na detecção de mudanças de vegetação em manguezais, no entanto é importante salientar que é necessário que o presente trabalho pode ter seus resultados otimizados com novas adequações de parâmetros. Portanto, é possível considerar que a metodologia pode ser utilizada para o estudo do ecossistema manguezal, atendendo ao propósito inicial do trabalho.

## Referências Bibliográficas

- BRITTO, A. L. Implantação de infra-estrutura de saneamento na região metropolitana do Rio de Janeiro: uma avaliação das ações do Programa de Despoluição da Baía de Guanabara. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 5, n. 1. 2003.
- COELHO, V. M. B. **Baía de Guanabara: uma história de agressão ambiental**. Rio de Janeiro, Casa da Palavra. 2007.
- CONGALTON, R.G., GREEN, K., **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices, Second Edition**. CRC Press, Boca Raton, FL, 208 pp. 2009.
- FAUSTINO, A. B.; RAMOS, F. F.; SILVA, S. M. P. DA. Dinâmica temporal do uso e cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Doce (RN) Com Base Em Sensoriamento Remoto E SIG: Uma contribuição aos estudos ambientais. **Sociedade e Território**, v. 26, n. 2, p. 18-30, 9 maio 2014.
- FRAGAL, E. H. Reconstrução histórica de mudanças na cobertura florestal em várzeas do baixo Amazonas utilizando o algoritmo LandTrendr. **Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)**, São José dos Campos, SP. 126 p. 2015.
- GOOGLE. **Google Earth Engine. Education**. Disponível em: <https://www.google.com/earth/education/tools/google-earth-engine/> acessado em 15 de julho de 2022.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/> acessado em 10 de julho de 2022.
- ICMBio. **Quem Somos**. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/apaguapimirim/> acessado em 04 de janeiro de 2022.
- JONG, S. M DE.; SHEN, Y.; VRIES, J. DE.; BIJNAAR, G.; MAANEN, B. VAN. AUGUSTINUS, P.; VERWEIJ, P. Mapping mangrove dynamics and colonization patterns at the Suriname coast using historic satellite data and the LandTrendr algorithm. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. V 97. 2021.
- KENNEDY, R.E., YANG, Z., GORELICK, N., BRAATEN, J., CAVALCANTE, L., COHEN, W.B., HEALEY, S. Implementation of the LandTrendr Algorithm on Google Earth Engine. **Remote Sensing**. 10, 691. 2018.
- Sant'Anna, Ferraz, Almeida. *Detecção de mudanças de manguezal com o uso do algoritmo Landtrendr nos manguezais de fundo da Baía de Guanabara – RJ*

- KENNEDY, R. E.; YANG, Z.; COHEN, W. B. Detecting trends in forest disturbance and recovery using yearly Landsat time series: 1. LandTrendr — Temporal segmentation algorithms. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, n. 12, p. 2897–2910, 2010.
- KJERFVE, B, RIBEIRO, C.H.A, DIAS, G..T.M., FILIPPO, A.M. e QUARESMA, V. Da S. Oceanographic characteristics of and impacted costal bay: Baía de Guanabara. **Continental Shef Research**, 1997.
- LIMA, C. R. L. **Qualidade de água da Baía de Guanabara e saneamento: uma abordagem sistêmica**. UFRJ. Rio de Janeiro. 2006.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE- MMA. **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil** / Ministério do Meio Ambiente. Brasília. 2008.
- ORNELLAS, J. L; LOPES, E. R. do N. NDVI aplicado nas alterações da reserva extrativista marinha Baía do Iguape. **XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. 2020.
- PIRES, I. de O. Manguezais da região do recôncavo da Baía de Guanabara: revisita através dos mapas. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, V. 8, Número Especial 2, Manguezais do Brasil. 2010.
- SANT'ANNA, I. T. de. Utilização do algoritmo LandTrendr para análise da dinâmica dos manguezais de fundo da Baía de Guanabara. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Departamento de Geografia. Universidade Federal Fluminense. 2022.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Mangue e Manguezal. In: FUMMI, M. (Org.). **Atlas dos Manguezais do Brasil / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**. – Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2018.
- SOARES, M. L. G. Estudo da biomassa aérea de manguezais do sudeste do Brasil - análise de modelos. **Tese de Doutorado**. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. 2 vol. 560 p. 1997.
- WECKMÜLLER, R. Trajetórias evolutivas das coberturas florestais do estado do Rio de Janeiro utilizando os algoritmos LandTrendr. **Tese de Doutorado**. Instituto de Geociências. Universidade Fluminense. 2018.

**Data de Submissão: 19/11/2022**

**Data da Avaliação: 12/06/2023**

Sant'Anna, Ferraz, Almeida. *Detecção de mudanças de manguezal com o uso do algoritmo Landtrendr nos manguezais de fundo da Baía de Guanabara – RJ*