



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO – UFMA

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE – CCBS

DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA – DEOLI

CURSO DE OCEANOGRAFIA

NIVEA SABRINA MARIA FERREIRA COSTA

**INVESTIGAÇÃO DO INLET COSTEIRO DO RIO PREGUIÇAS ASSOCIADO A
DINÂMICA DE PAISAGEM DOS MANGUEZAIS, UTILIZANDO AS
FERRAMENTAS COASTSAT E CASSIE**

SÃO LUÍS/MA

2025

NIVEA SABRINA MARIA FERREIRA COSTA

**INVESTIGAÇÃO DO INLET COSTEIRO DO RIO PREGUIÇAS ASSOCIADO A
DINÂMICA DE PAISAGEM DOS MANGUEZAIS, UTILIZANDO AS
FERRAMENTAS COASTSAT E CASSIE**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Oceanografia da
Universidade Federal do Maranhão para
obtenção do grau de bacharelado em
Oceanografia.

Orientador: Prof^o. Dr. Denilson da Silva
Bezerra.

Coorientador: Me. Brunno Jansen
Franco.

SÃO LUÍS/MA

2025

Sabrina Maria Ferreira Costa, Nivea.

INVESTIGAÇÃO DO INLET COSTEIRO DO RIO PREGUIÇAS
ASSOCIADO A DINÂMICA DE PAISAGEM DOS MANGUEZAIS,
UTILIZANDO AS FERRAMENTAS COASTSAT E CASSIE / Nivea
Sabrina Maria Ferreira Costa. - 2025.

43 p.

Coorientador(a) 1: Brunno Jansen Franco.

Orientador(a): Denilson da Silva Bezerra.

Curso de Oceanografia, Universidade Federal do
Maranhão, Departamento de Oceanografia e Limnologia -
Deoli, 2025.

1. Spit. 2. Sensoriamento Remoto. 3. Compressão
Costeira. I. da Silva Bezerra, Denilson. II. Jansen
Franco, Brunno. III. Título.

2025

**INVESTIGAÇÃO DO INLET COSTEIRO DO RIO PREGUIÇAS ASSOCIADO A
DINÂMICA DE PAISAGEM DOS MANGUEZAIS, UTILIZANDO AS
FERRAMENTAS COASTSAT E CASSIE**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Oceanografia da
Universidade Federal do Maranhão para
obtenção do grau de bacharelado em
Oceanografia.

APROVADO EM: 07/08/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Denilson da Silva Bezerra (Orientador)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO - UFMA

Profa. Dra. Flávia Rebelo Mochel (Titular)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO - UFMA

Prof. Dr. Heitor Perotto (Titular)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO - UFMA

Profa. Dra. Maria do Socorro Saraiva Pinheiro (Suplente)

“Andar por andar, andei

E todo caminho deu no mar”.

Dorival Caymmi

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à minha mãe, Nívia, que se em algum momento seus esforços pareceram em vão, saiba que seu amor é como as ondas do mar, que chegam à praia incansavelmente, mesmo que ninguém as conte, é a sua constância que transforma e dá forma a tudo o que tocam.

Às minhas duas gatinhas, Madalena e Cecília, que sempre estiveram ao meu lado, contribuindo também com algumas palavras ao andarem pelo teclado. As partes delas precisaram de muita edição, mas é justo o reconhecimento.

À minha irmã, Nivea Fernanda, pelo apoio constante. Aos meus amigos, em especial Priscila Carvalho por ter sido a alma gêmea que encontrei na graduação, Beatriz, que apesar da distância sempre se fez presente, me ajudando em momentos difíceis e dividindo a felicidade em momentos alegres e Gustavo, um amigo recente que me ajudou sem hesitar.

Ao meu amigo e coorientador Me. Brunno Jansen Franco, seu apoio e incentivo foram fundamentais para a construção e conclusão desta pesquisa, sem sua indispensável contribuição, este trabalho não seria possível.

Ao meu orientador Prof. Dr. Denilson da Silva Bezerra por depositar sua confiança em mim e me auxiliar nessa trajetória até aqui.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo investigar a morfodinâmica do inlet costeiro do Rio Preguiças e sua associação com a dinâmica de paisagem dos manguezais adjacentes. O estudo, centrado no estuário localizado no Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, Maranhão, utilizou ferramentas de sensoriamento remoto para analisar a interação entre processos físicos e ecológicos. A metodologia empregou o software CoastSat para analisar a evolução do Spit através de séries temporais da posição da linha de costa entre 1985 e 2025, utilizando imagens dos satélites Landsat 5, Landsat 8 e Sentinel-2. Adicionalmente, a plataforma CASSIE foi usada para mapear a dinâmica dos manguezais através do seu módulo de Compressão Costeira, com foco no período de 2016 a 2025. Os resultados da análise indicam que a evolução do sistema é controlada pela migração do Spit. Um evento de ruptura do Spit no final da década de 1990 foi identificado como um ponto de reconfiguração para a foz do rio. Após este evento, um novo inlet se formou e iniciou um ciclo de migração, sustentado por processos de erosão na base do esporão e acresção em sua extremidade. A análise da paisagem revelou que a dinâmica dos manguezais está fortemente correlacionada a esse comportamento do inlet. Foram observadas duas respostas distintas: no delta externo, mais exposto, ocorre um processo de supressão contínua da vegetação, relacionado a dinâmica do inlet e das dunas. Já no delta interno, a dinâmica é mais instável, com crescimento de mangue em períodos de fechamento do inlet, que promove a acumulação de sedimentos, e perda de área durante os períodos de abertura do canal. Conclui-se que o ciclo de migração do Spit e ruptura do inlet do Rio Preguiças é o principal modulador da paisagem local. Esta dinâmica dita os padrões de ganho e perda no ecossistema de manguezal, resultando em um processo de supressão progressiva no delta externo e uma resposta cíclica e mais instável no delta interno.

Palavras – chave: Spit, Sensoriamento Remoto, Compressão Costeira.

ABSTRACT

This study aims to investigate the morphodynamics of the Preguiças River coastal inlet and its association with the landscape dynamics of adjacent mangroves. The study, centered on the estuary located in the Lençóis Maranhenses National Park, Maranhão, used remote sensing tools to analyze the interaction between physical and ecological processes. The methodology employed the CoastSat software to analyze the spit's evolution through time-series of shoreline position between 1985 and 2025, using images from Landsat 5, Landsat 8, and Sentinel-2 satellites. Additionally, the CASSIE platform was used to map mangrove dynamics through its Coastal Squeeze module, focusing on the period from 2016 to 2025. The analysis results indicate that the system's evolution is controlled by the spit's migration. A spit breaching event in the late 1990s was identified as a reconfiguration point for the river mouth. After this event, a new inlet formed and began a migration cycle, sustained by erosion processes at the spit's base and accretion at its tip. The landscape analysis revealed that mangrove dynamics are strongly correlated with this inlet behavior. Two distinct responses were observed: in the more exposed external delta, a process of continuous vegetation suppression occurs, related to the dynamics of the inlet and the dunes. In the internal delta, the dynamics are more unstable, with mangrove growth during periods of inlet closure, which promotes sediment accumulation, and area loss during periods of channel opening. It is concluded that the cycle of spit migration and inlet breaching of the Preguiças River is the main modulator of the local landscape. This dynamic dictates the patterns of gain and loss in the mangrove ecosystem, resulting in a process of progressive suppression in the external delta and a cyclical and more unstable response in the internal delta.

Keywords: Spit, Remote Sensing, Coastal Squeeze.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo Geral	11
2.2 Objetivos Específicos.....	11
3 REVISÃO DE LITERATURA	12
4 METODOLOGIA.....	14
4.1 Área de estudo.....	14
4.2 Evolução do Inlet costeiro	16
4.3 Compressão Costeira.....	17
5 RESULTADOS.....	18
5.1 Evolução do Inlet costeiro	18
5.2 Compressão Costeira.....	22
5.2.1 Delta de maré enchente externo	22
5.2.2 Delta de maré enchente interno.....	30
6 DISCUSSÃO	35
6.1 Evolução do Inlet costeiro	35
6.2 Compressão costeira.....	36
7 CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS	37
ANEXO.....	42

1 INTRODUÇÃO

Os inlets costeiros, ou enseadas costeiras são canais que conectam corpos d'água continentais ao oceano, caracterizados por eventos periódicos de abertura e fechamento definidos por fenômenos oceânicos (maré, ondas e nível médio do mar), processos fluviais ou estuarinos (fluxo do rio), além de fatores topográficos e sedimentares nas proximidades da entrada (Duong *et al.*, 2016,2017; Lawson *et al.*,2022). O fechamento do canal ocorre devido à insuficiência dos fluxos fluviais ou de maré para impedir que os sedimentos preencham a entrada, que, frequentemente está associada à presença de barreiras arenosas, bancos de areia e deltas de maré (Heimhuber *et al.*, 2021; Tung *et al.*, 2009).

Caracterizado por uma alta dinâmica espacial e temporal, esse ambiente influencia diretamente a hidrodinâmica, a morfologia e a ecologia dos ecossistemas adjacentes, pois controlam o intercâmbio de água, sedimentos, nutrientes e organismos entre o estuário e o mar aberto, levando a alterações biogeoquímicas. (Duong *et al.*, 2017; Heimhuber *et al.*, 2021; Sadat-Noori *et al.*, 2016).

Além disso, os inlets fornecem inúmeros serviços ecossistêmicos, tais como: manutenção da biodiversidade, uma vez que os estuários funcionam como áreas de reprodução e alimentação para diversas espécies, produtividade pesqueira, turismo, proteção contra erosão costeira e enchentes, especialmente por meio dos manguezais, ecossistema este que vem enfrentando um declínio acelerado devido ao aumento do nível do mar, alterações climáticas e pressão antrópica (Heimhuber *et al.*, 2021; Hu *et al.*, 2018; Dos Santos *et al.*, 2024).

Nos manguezais, o regime hidrológico controlado pelos inlets é o principal fator responsável pela distribuição e composição das espécies, se tornando um ecossistema único, capaz de suportar grandes variações físico-químicas em intervalos de horas (Lessa, 2020; Ribeiro *et al.*, 2024). Além das funções citadas anteriormente, os manguezais desempenham um papel fundamental na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, pois consegue sequestrar gases-estufa em uma taxa mais alta em relação a qualquer outro ecossistema terrestre, absorvendo através da sua biomassa vegetal e nos sedimentos (Hu *et al.*, 2018; Ribeiro *et al.*, 2024).

Desta forma, a compreensão da evolução espaço-temporal dos inlets e suas interações com os ecossistemas adjacentes, especialmente os manguezais, é de suma importância para o planejamento estratégico da conservação e gestão costeira, visando a proteção e uso sustentável

dos recursos costeiros (Vitousek *et al.*, 2023). Nesse contexto, o monitoramento costeiro através de satélite de observação da Terra fornece dados de maneira regular e consistente ao longo do tempo, com maior abrangência geográfica e com menor custo operacional (Vitousek *et al.*, 2023; Vos *et al.*, 2019).

O estuário do Rio Preguiças está localizado no município de Barreirinhas, no Estado do Maranhão, fazendo parte do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, desaguando no Oceano Atlântico, onde são encontrados quatro gêneros e sete espécies de mangue, sendo elas: *Rhizophora mangle* L., *Rhizophora racemosa*, *Rhizophora harrisonii* (mangue vermelho), *Laguncularia racemosa* (mangue branco), *Avicennia germinans* L., *Avicennia schaueriana* (mangue preto) e *Conocarpus erectus* (mangue de botão) (Menezes *et al.*, 2008; Dos Santos *et al.*, 2024).

O presente trabalho utiliza as ferramentas de sensoriamento remoto integradas ao Google Earth Engine (GEE): CoastSat, desenvolvida em Python, obtém series temporais da posição da linha de costa e o Coastal Analyst System from Space Imagery Engine – CASSIE CoRe®: Collaborative Research Platform, uma plataforma web colaborativa que realiza análises geoespaciais e estatísticas aplicadas ao monitoramento costeiro (Almeida *et al.*, 2021; Vos *et al.*, 2019).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Investigar a morfodinâmica do inlet costeiro do Rio Preguiças e sua relação com a dinâmica dos manguezais.

2.2 Objetivos Específicos

- Aplicar a ferramenta CoastSat para monitorar e analisar a evolução do inlet costeiro através de series temporais da posição da linha de costa;
- Utilizar a ferramenta CASSIE para mapear e compreender áreas de ganho e perda nas florestas de manguezais na foz do Rio Preguiças;
- Determinar a relação entre mudanças na morfologia do inlet e seus impactos nas florestas de manguezais da região.

3 REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com Vos *et al.*, 2019 a recente intensificação da energia média das ondas, a energia associada às ondas costeiras extremas e a velocidade dos ventos oceânicos, combinadas ao aumento do nível do mar, sugerem que as zonas costeiras estarão expostas a riscos crescentes nas próximas décadas, necessitando de maior atenção e quantificação dessas alterações significativas que ocorrem em curtos períodos de tempo.

O sensoriamento remoto, feito a partir de satélite de observação da Terra, permite a obtenção desses dados de maneira mais eficaz com maior abrangência geográfica, de forma regular e consistente ao longo do tempo e com menor custo operacional, além de poderem ser integrados com outros dados, como de satélites meteorológicos, possibilitando maior robustez nos resultados (Vos *et al.*, 2019).

O uso desses dados era limitado devido restrições de acesso, requisitos computacionais e a baixa resolução das imagens, porém, em 2008 foi aberto o arquivo Landsat, seguido pela introdução dos dados do Sentinel – 2A em 2015, e, em 2017, do Sentinel – 2B. O acesso aos dados levou a criação de plataformas que fornecem ferramentas para análise e armazenamento dessas imagens (Konstantinou *et al.*, 2023).

A criação da plataforma Google Earth Engine (GEE) facilitou a exploração de dados de sensoriamento remoto, permitindo que todo o processamento das imagens seja realizado na nuvem do Google, tornando o processamento de grandes volumes de dados mais rápido e eficiente (Almeida *et al.*, 2021).

Utilizando do GEE, foram criados instrumentos de análise dos dados, sendo uma delas o CoastSat, um kit de ferramentas de software de código aberto escrito em Python que permite o usuário obter séries temporais de 30+ anos, detectando a posição da linha de costa em qualquer localidade do mundo. O CoastSat realiza o pré-processamento das imagens e gera linhas costeiras mapeadas que podem ser importadas para um aplicativo GIS, para assim extrair dados específicos como taxas de erosão ou acreção do litoral (Vos *et al.*, 2019).

Também existem ferramentas web como o Coastal Analyst System from Space Imagery Engine – CASSIE CoRe®: Collaborative Research platform, uma plataforma web colaborativa com soluções de observação e previsão geoespaciais aplicadas ao monitoramento, mitigação e adaptação da zona costeira face às mudanças do clima, que extrai automaticamente a posição da costa, e executa análises estatísticas (Almeida *et al.*, 2021).

Por ter seu armazenamento e operação no GEE (Google Cloud), o CASSIE se torna mais acessível, sendo necessário apenas de acesso à internet para seu uso, o produto das análises pode ser exportado em formato shapefile, que combinadas com ferramentas GIS, permitem ao usuário maior robustez dos dados (Almeida *et al.*, 2021). As análises estatísticas seguem de acordo com a abordagem descrita por Thieler *et al.*, 2017, utilizada no software Digital Shoreline Analysis System – DSAS.

As características ambientais dos ecossistemas de manguezal, tornam o sensoriamento remoto uma ferramenta indispensável. Como estes se encontram em áreas alagáveis e de difícil acesso, as pesquisas de campo tornam-se demoradas e de alto custo (Da Costa *et al.*, 2017). Nesse contexto, a utilização de dados de satélite de observação da Terra, que opera em múltiplas escalas (espacial, temporal e espectral), viabiliza aplicações que permitem mapear a distribuição geográfica dos mangues, estimar a biomassa, medir a área foliar e até mesmo diferenciar espécies com base em suas assinaturas espectrais para criar mapas de composição florestal (Da Costa *et al.*, 2017; Bezerra *et al.*, 2013).

Ademais, esta metodologia possibilita a detecção de tendências de longo prazo, como alterações associadas a mudanças climáticas, aumento do nível do mar, desmatamento, expansão urbana e práticas agrícolas. A compreensão desses padrões é fundamental para as iniciativas de conservação ambiental e para o planejamento do desenvolvimento sustentável (Solangi e Aljhdali, 2025).

Apesar da tendência de supressão dos manguezais ser amplamente documentada na literatura, que aponta diversas causas para o fenômeno (Kamal *et al.*, 2021; Liang *et al.*, 2023; Roy *et al.*, 2023), também existem evidências de expansão e recuperação dessas florestas em determinadas regiões costeiras (Chen *et al.*, 2017; Flores-de-Santiago *et al.*, 2023). Regiões onde ocorre a deposição de sedimentos, como deltas de maré enchente, permitem o crescimento de manguezais em novas áreas (Flores-de-Santiago *et al.*, 2023).

Por exemplo, no delta do rio Mekong, no Vietnã, Nguyen *et al.* (2022) observaram que o avanço dos manguezais está relacionado ao equilíbrio entre aporte fluvial e ações hidrodinâmicas costeiras. Já no estuário do rio Ganges-Brahmaputra, Roy *et al.* (2023) registraram uma retração significativa dos manguezais atribuída à intensificação das marés e à erosão fluvial. Esses estudos reforçam que a interação entre forças oceânicas e fluviais exerce influência decisiva na manutenção dos ecossistemas de mangue em zonas estuarinas.

No contexto do litoral maranhense, mais especificamente no estuário do Rio Preguiças, a combinação entre a intensa dinâmica fluvial, regime macromarés e presença de sistemas de dunas e manguezais configura um cenário propício para a investigação das alterações espaço-temporais por meio do sensoriamento remoto (Dos Santos *et al.*, 2024; El-Robrini *et al.*, 2018).

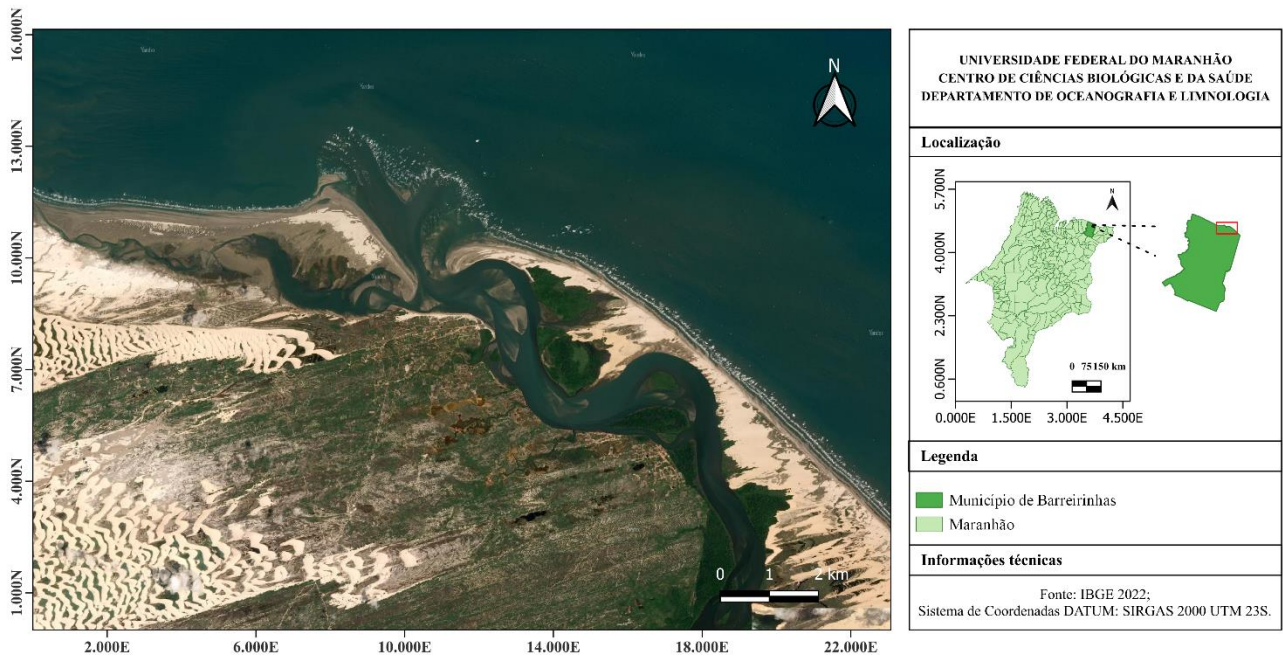
Apesar da importância ecológica e socioambiental da região, ainda são escassos os estudos que quantificam com precisão os padrões de ganho e perda de manguezal em função das alterações geomorfológicas associadas ao inlet costeiro.

4 METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

O estuário do Rio Preguiças está localizado no Litoral Oriental do Estado do Maranhão, no município de Barreirinhas, cerca de 272 quilômetros a leste da capital São Luís, onde faz parte do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, integrando-se à paisagem de um extenso campo de dunas e lagoas, que confere à região uma composição singular de biodiversidade, além do alto potencial turístico (Costa *et al.*, 2021; De Jesus., 2021).

Figura 1: Mapa de localização do estuário do Rio Preguiças, fonte: o autor



No estuário são encontrados quatro gêneros e sete espécies de mangue, sendo elas: *Rhizophora mangle* L., *Rhizophora racemosa*, *Rhizophora harrisonii* (mangue vermelho), *Laguncularia racemosa* (mangue branco), *Avicennia germinans* L., *Avicennia schaueriana*

(mangue preto) e *Conocarpus erectus* (mangue de botão) (Menezes et al., 2008; Dos Santos *et al.*, 2024).

O estuário do Rio Preguiças é condicionado por fatores meteoceanográficos, tais como ventos, precipitação, temperatura, maré, ondas e correntes; fatores hidrográficos, como o escoamento fluvial e fatores antrópicos. O clima é classificado como tropical quente e semiúmido, caracterizando um verão quente e chuvoso, e um inverno mais seco (Prefeitura de Barreirinhas, 2022).

O regime de ventos e chuvas está diretamente relacionado a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), no período de estiagem (julho a novembro) a ZCIT desloca-se para o Norte, intensificando os ventos alísios de Nordeste e aumentando a temperatura média do ar, resultando em temperaturas mais altas e baixas taxas de precipitação. Já no período chuvoso (dezembro a abril) a ZCIT desloca-se para o Sul, diminuindo a intensidade do vento e aumentando a precipitação (Torres e Machado, 2008).

As oscilações climáticas associadas a anomalias na Temperatura da Superfície do Mar (TSM) também possuem impactos significativos na região, como o El-Niño Oscilação Sul (ENOS), que é caracterizado pelo aquecimento anômalo das águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical, trazendo a diminuição das chuvas para a região Norte e Nordeste do Brasil, e durante o El-Niña ocorre o efeito oposto, a TSM diminui, aumentando os níveis de precipitação na região (Torres e Machado, 2008).

Além disso, outra anomalia climática que vale destacar é o Dipolo do Atlântico, uma oscilação na TSM entre as regiões tropical Norte e Sul do Oceano Atlântico, que quando positiva significa águas mais quentes no Atlântico Tropical Norte e mais frias no Sul, fortalecendo o deslocamento da ZCIT para o Norte reduzindo as chuvas na região Norte e Nordeste do Brasil, quando está em sua forma negativa, tem o efeito inverso, aumentando as chuvas na região (Varejão-Silva, 2006).

De acordo com El-Robrini *et al.*, 2018 a posição geográfica do litoral oriental Maranhense, combinada a sua geomorfologia costeira e a grande extensão da plataforma continental, proporcionam o desenvolvimento de um ambiente de alta energia, caracterizando o estuário do Rio Preguiças como uma área receptora de sedimentos trazidos pela deriva litorânea da plataforma continental, que funciona como um grande estoque de sedimentos, onde a ação das ondas e correntes depositam parte dos sedimentos na praia e no leito da

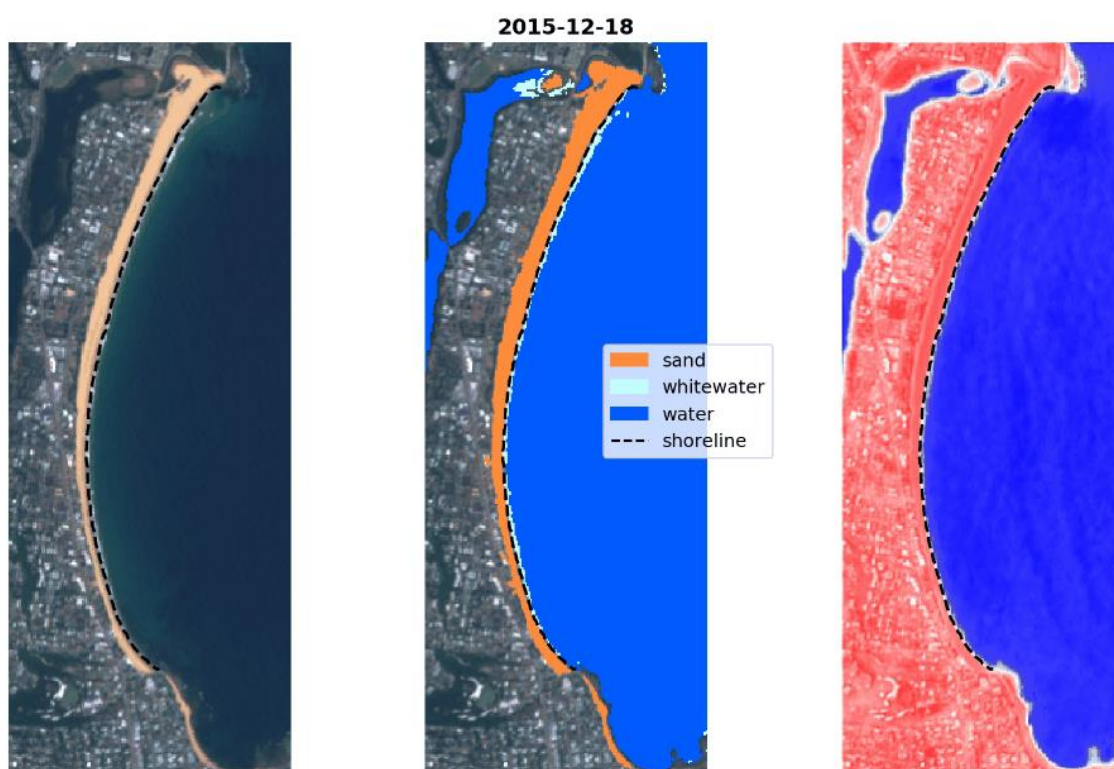
desembocadura do Rio Preguiças, formando barras arenosas que ficam expostas durante a maré baixa.

4.2 Evolução do Inlet costeiro

Foi utilizado o Software CoastSat, uma ferramenta de código aberto escrita em python para extração da linha de costa e obtenção de séries temporais da posição transversal da linha de costa através de imagens dos satélites Landsat 5 (L5), Landsat 7 (L7), Landsat 8 (L8), Landsat 9 (L9) e Sentinel – 2 (S2), disponível no GitHub (<https://github.com/kvos/CoastSat>). No presente trabalho foram utilizadas apenas imagens dos satélites L5, L8 e S2 (Tabela 1 em anexo), a fim de aumentar a capacidade computacional de processamento. As imagens do satélite L7 apresentam um problema a partir de 2013 e as do satélite L9 ainda não apresentam um conjunto de dados robusto para download.

A análise e processamento de dados no CoastSat seguiu 4 etapas principais: o download das imagens através do GEE e o pré-processamento, a fim de mascarar pixels de nuvens e melhorar a resolução espacial, extração automática da linha de costa e obtenção das séries temporais da posição da linha de costa ao longo de 7 transectos normais a costa.

Figura 2. Exemplo do funcionamento do CoastSat, fonte: <https://github.com/kvos/CoastSat>.



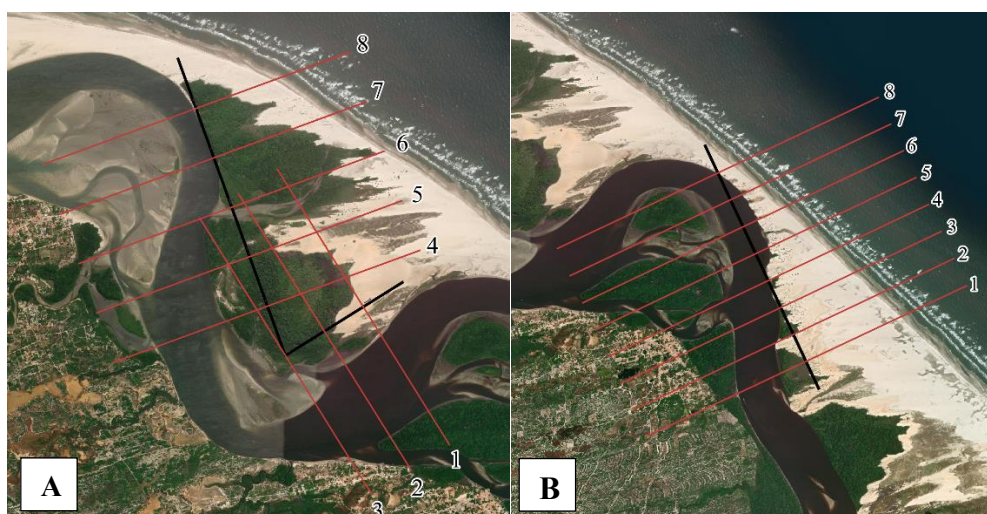
4.3 Compressão Costeira

O CASSIE CoRe®: Collaborative Research Platform (Coastal Analyst System from Space Imagery Engine) é uma Plataforma web que assim como o CoastSat faz aquisição automática da linha de costa a partir de imagens de satélite das missões Landsat e Sentinel-2, por meio do Google Earth Engine. Porém, diferentemente do CoastSat, executa as análises estatísticas, combinando dois processos em uma única ferramenta (Almeida *et al.*, 2021).

Para este trabalho foi utilizado o módulo de Compressão Costeira (Coastal Squeeze) (Klein *et al.*, 2023), que realiza o mapeamento e análise de indicadores para obtenção do potencial de compressão costeira em áreas de manguezais. As áreas de interesse foram delimitadas de acordo com o indicador de possíveis áreas de mangue disponível no CASSIE e classificadas de acordo com a área de influência do delta de maré enchente.

Devido a capacidade computacional de processamento de dados, a região foi subdividida em dois setores: Delta de maré enchente externo e Delta de maré enchente interno (figura 3) e o recorte temporal analisado foi feito entre 2016 e 2025, utilizando o satélite S2, devido sua melhor resolução espacial e possibilidade de associação com o conjunto de dados do MapBiomass (MapBiomass, 2024). Foram definidos 8 transectos perpendiculares a linha de base e a porcentagem de perda de manguezais (squeeze) foi calculada automaticamente para cada transecto, através da divisão da quantidade de área perdida pelo valor original do ano de referência.

Figura 3. Definição da linha de base e transectos, (A) Delta de maré enchente externo; (B): Delta de maré enchente interno, fonte: o autor.

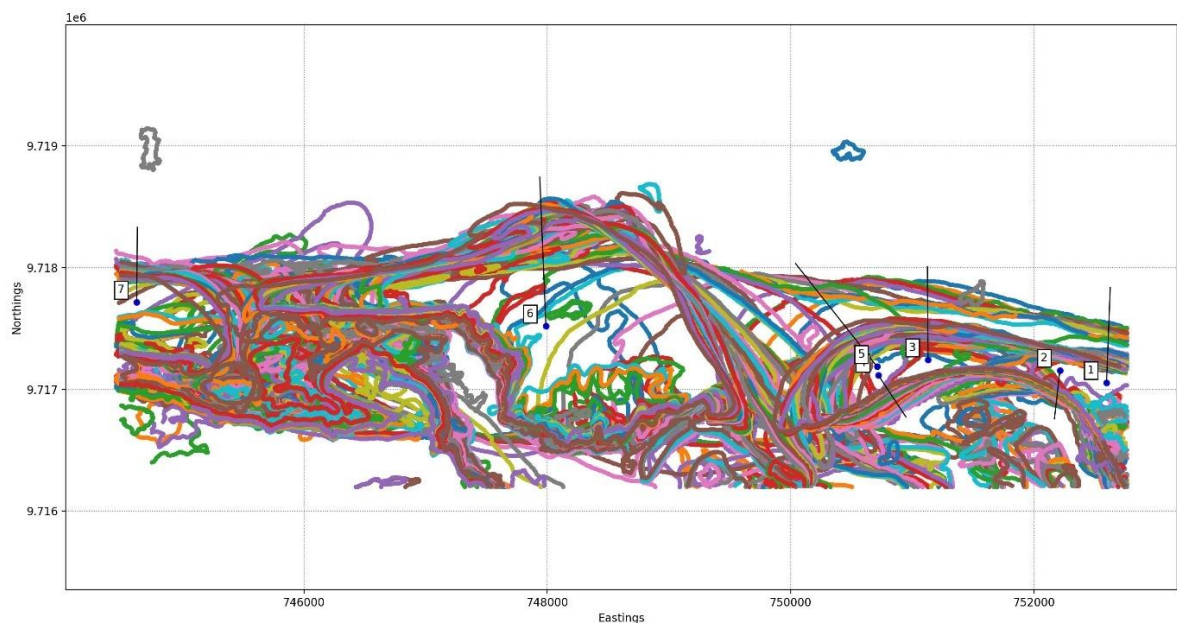


5 RESULTADOS

5.1 Evolução do Inlet costeiro

A análise da dinâmica costeira na foz do Rio Preguiças foi realizada a partir da extração de linhas de costa (Figura 4) de imagens de satélite entre os anos de 1985 e 2025, utilizando a ferramenta CoastSat. Os resultados permitiram uma avaliação qualitativa e quantitativa da evolução morfológica do sistema, com foco principal no comportamento do Spit e do Inlet.

Figura 4. Mapeamento das linhas de costa extraídas para a foz do Rio Preguiças entre 1985 e 2025, fonte: o autor.



As diferentes cores representam as posições da linha de costa em datas distintas. Os pontos numerados indicam a localização dos transectos fixos para análise quantitativa.

As taxas e as magnitudes da mudança da linha de costa foram quantificadas por meio de séries temporais de distância em sete transectos fixos, para o qual foi possível gerar uma série temporal (Figura 5 a 11).

Figura 5. Série temporal da variação da distância da linha de costa (m) para o transecto 1, fonte: o autor.

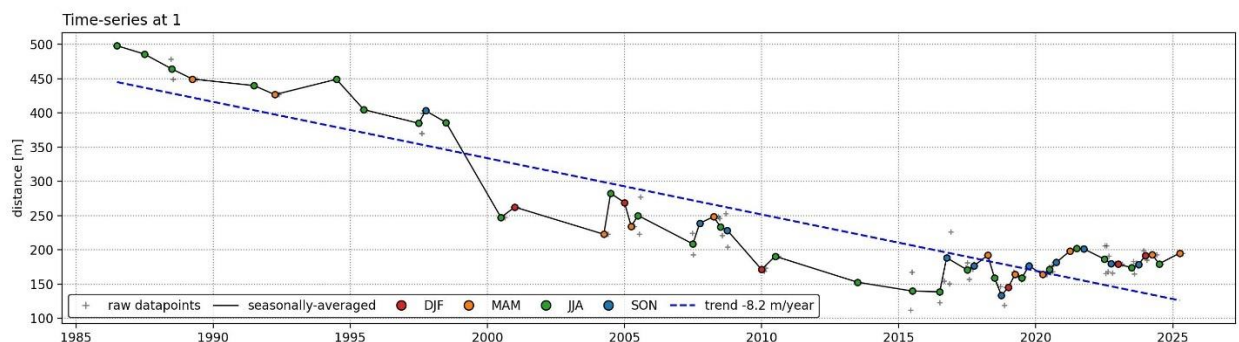


Figura 6. Série temporal da variação da distância da linha de costa (m) para o transecto 2, fonte: o autor.

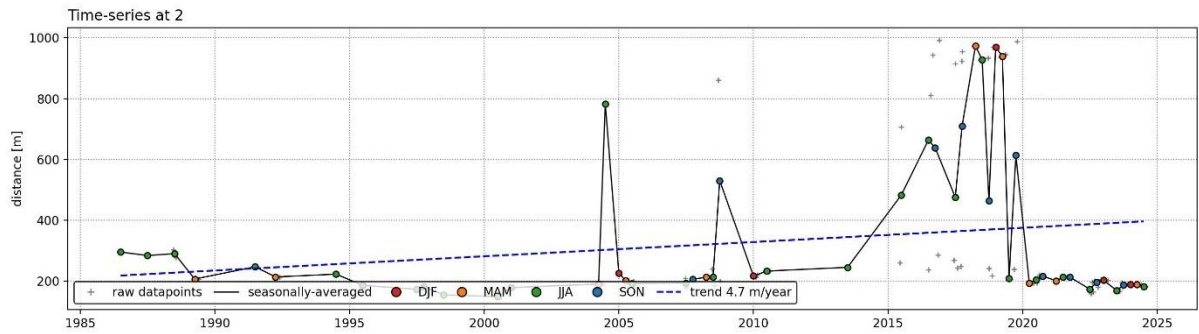


Figura 7. Série temporal da variação da distância da linha de costa (m) para o transecto 3, fonte: o autor.

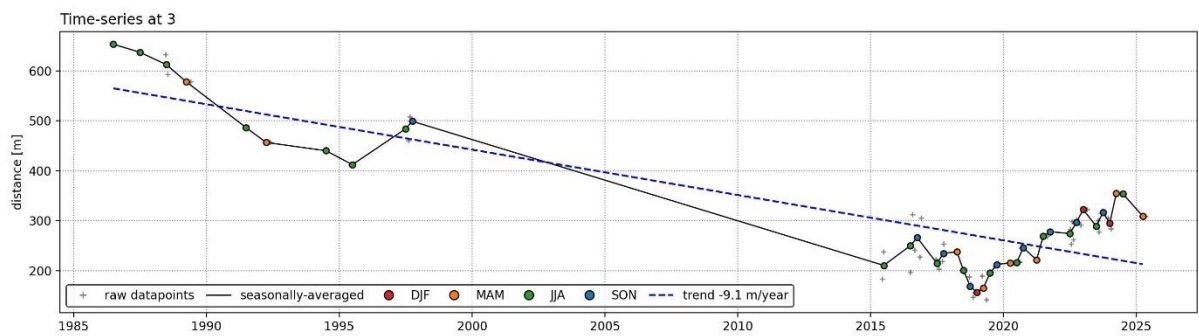


Figura 8. Série temporal da variação da distância da linha de costa (m) para o transecto 4, fonte: o autor.

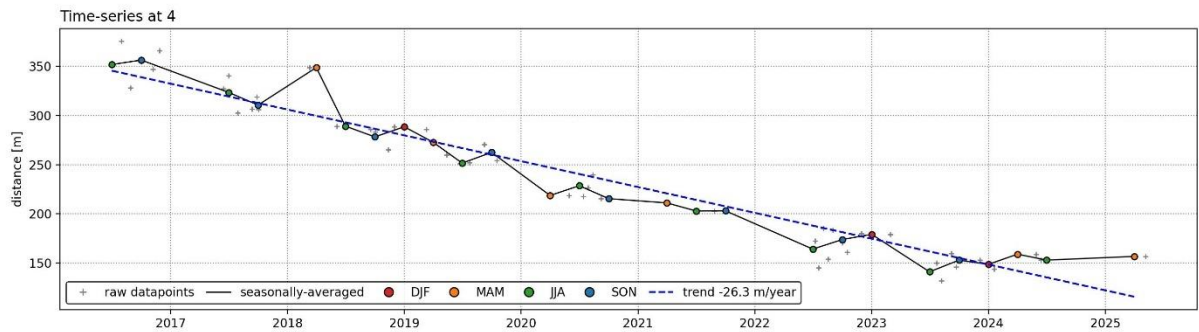


Figura 9. Série temporal da variação da distância da linha de costa (m) para o transecto 5, fonte: o autor.

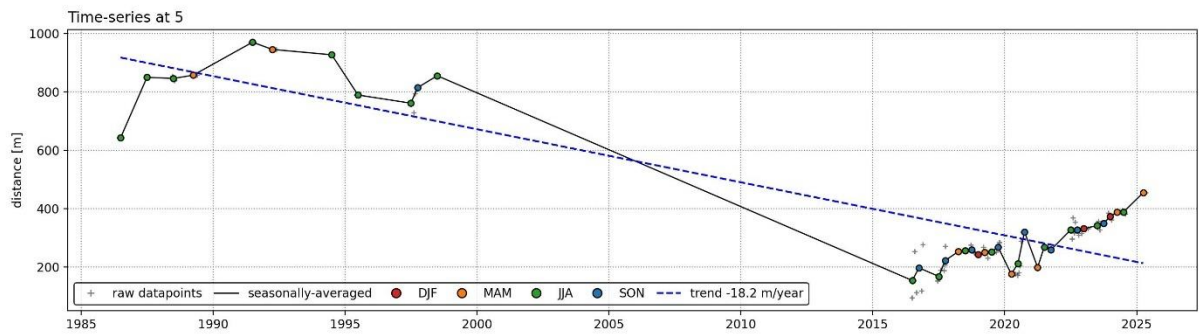


Figura 10. Série temporal da variação da distância da linha de costa (m) para o transecto 6, fonte: o autor.

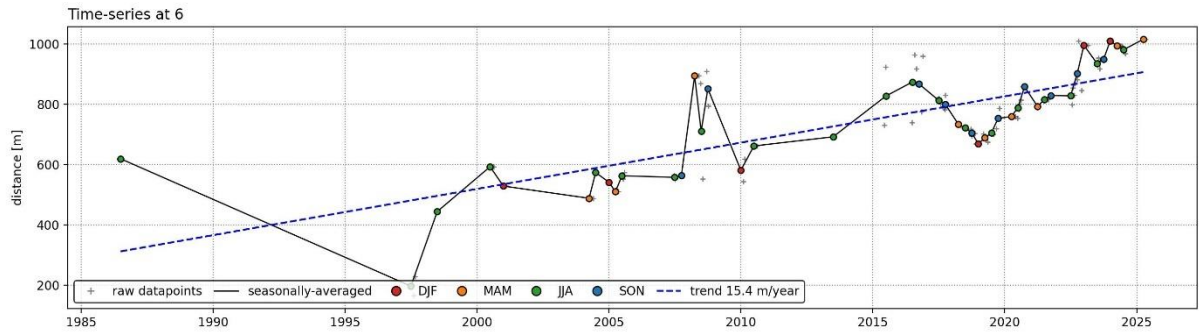
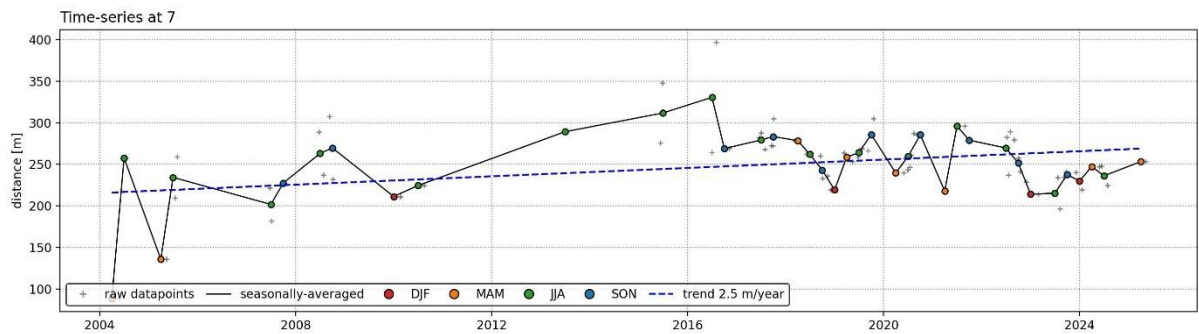


Figura 11. Série temporal da variação da distância da linha de costa (m) para o transecto 7, fonte: o autor.



A análise gerou um conjunto de imagens (Figura 12 a 16) que apresentam o processo em diferentes datas e com diferentes sensores (L5, L8 e S2), incluindo imagens desde a década de 1980 até o ano de 2025. Cada conjunto de imagens exibe a imagem original em composição colorida (RGB) e a imagem classificada com base nos limiares de intensidade do Índice de Diferença Normalizada Modificado da Água (MNDWI).

Figura 12. Posição do Inlet no ano de 1986, fonte: o autor.

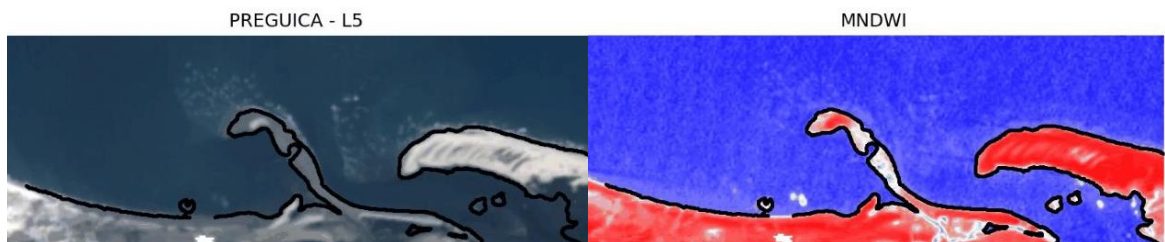


Figura 13. Posição do Inlet no ano de 1995, fonte: o autor.



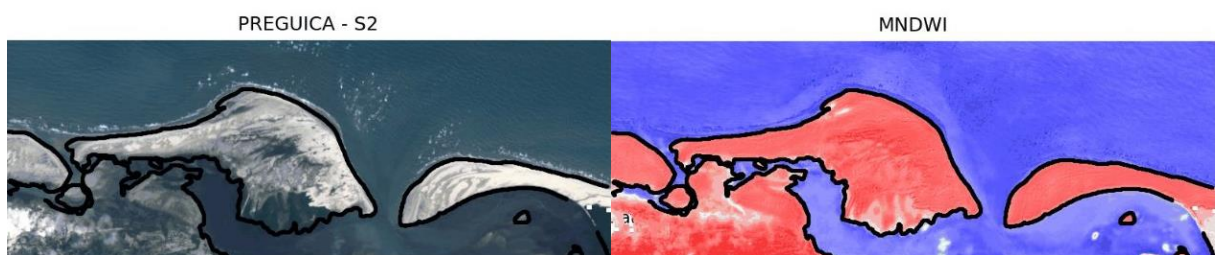
Figura 14. Posição do Inlet no ano de 2005, fonte: o autor.



Figura 15. Posição do Inlet no ano de 2015, fonte: o autor.



Figura 16. Posição do Inlet no ano de 2025, fonte: o autor.



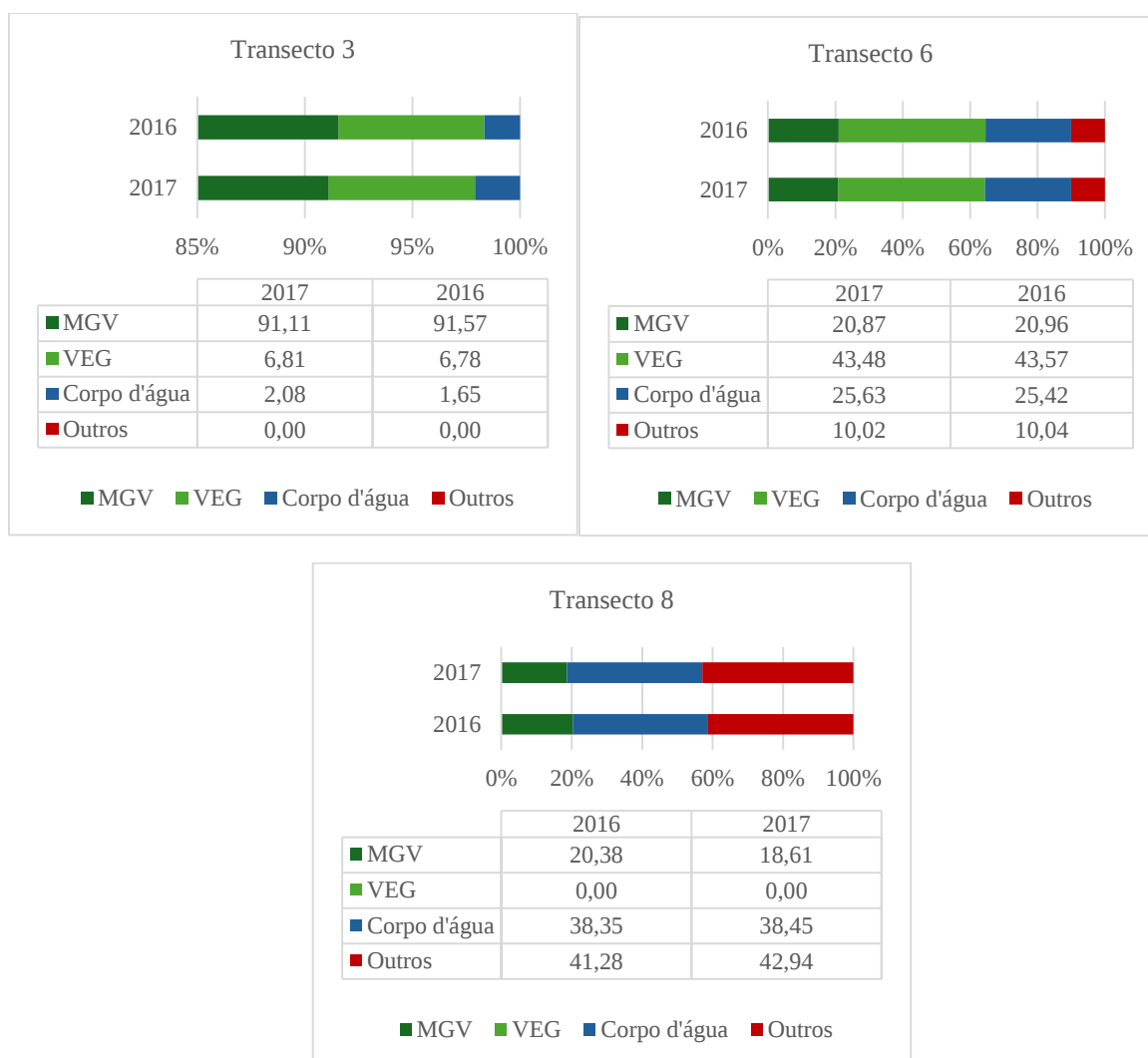
5.2 Compressão Costeira

A compressão foi analisada para cada ano de 2016 a 2025, em cada delta de maré enchente, utilizando 8 transectos a partir da linha de base, os valores foram calculados para cada transecto que apresentou mudança, obtendo o resultado da supressão de manguezal total de cada ano em cada transecto. Na legenda dos gráficos, MGV corresponde aos manguezais, VEG à vegetação, e outros refere-se a uma classe que difere das demais classificações.

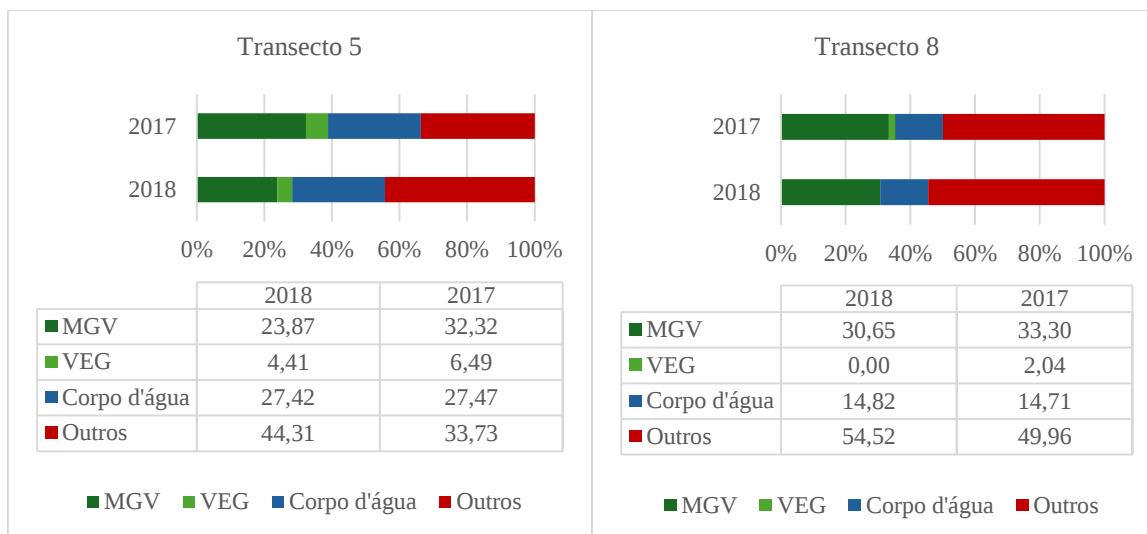
5.2.1 Delta de maré enchente externo

Nos anos de 2016 a 2017 os valores permaneceram estáveis, com supressão leve de manguezal nos transectos 3, 6 e 8, com perdas de 0,9%, 0,2% e 8,9% respectivamente.

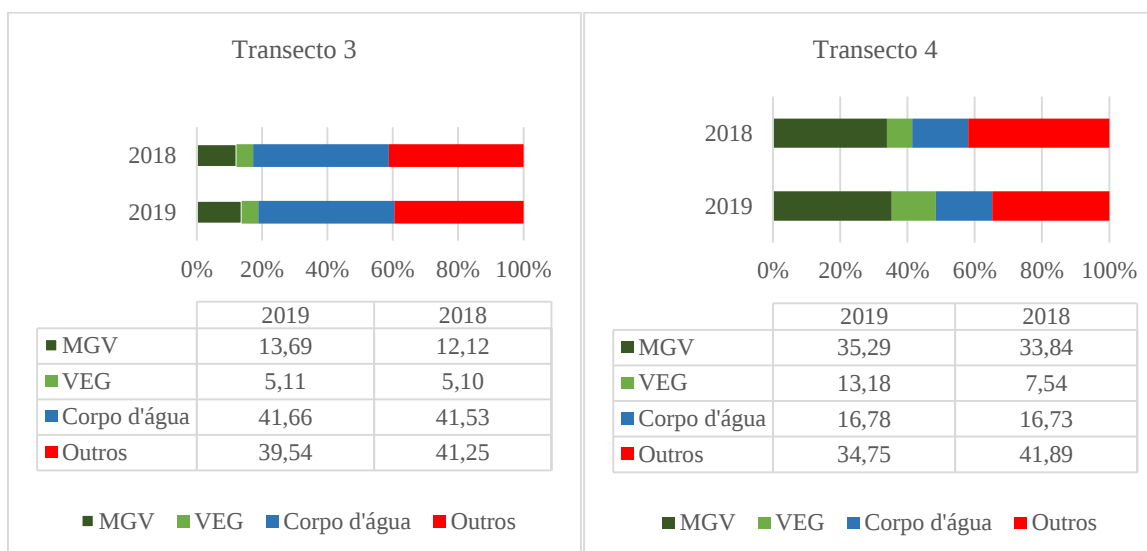
Figura 17. 2016 a 2017, transectos 3, 6 e 8, fonte: o autor.



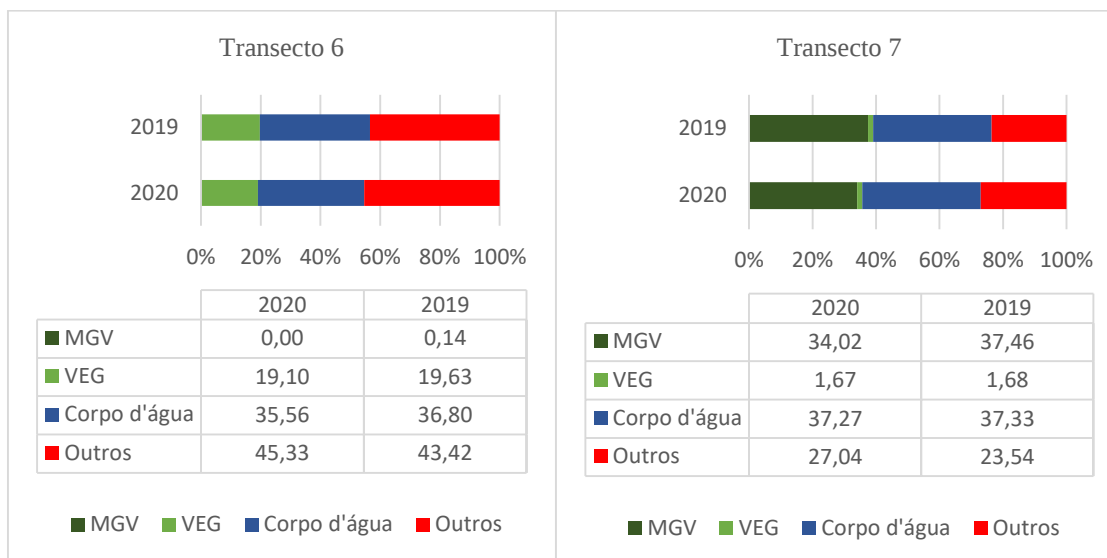
Nos anos de 2017 a 2018 os valores também permaneceram estáveis, com supressão leve nos transectos 5 e 8, com perdas de 26% e 8,7% respectivamente.

Figura 18. 2017 a 2018, transectos 5 e 8, fonte: o autor.

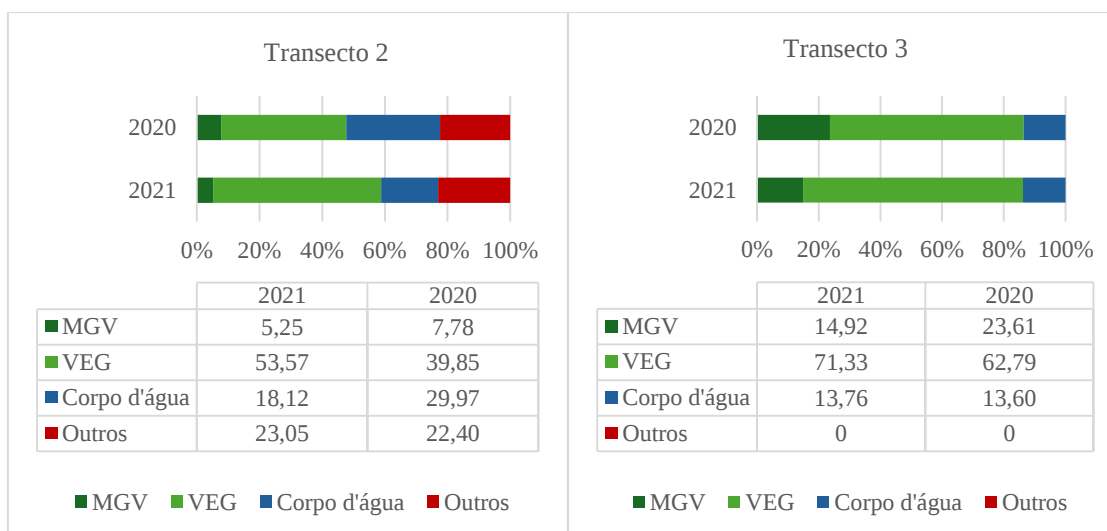
Nos anos de 2018 a 2019 os valores permaneceram estáveis, com aumento de 12,60% e 4% de área de mangue nos transectos 3 e 4, respectivamente.

Figura 19. 2018 a 2019, transectos 3 e 4, fonte: o autor.

Nos anos de 2019 a 2020 o transecto 6 apresentou supressão avançada, com perda de 100% de área de manguezal e o transecto 7, supressão leve, com perda de 9%.

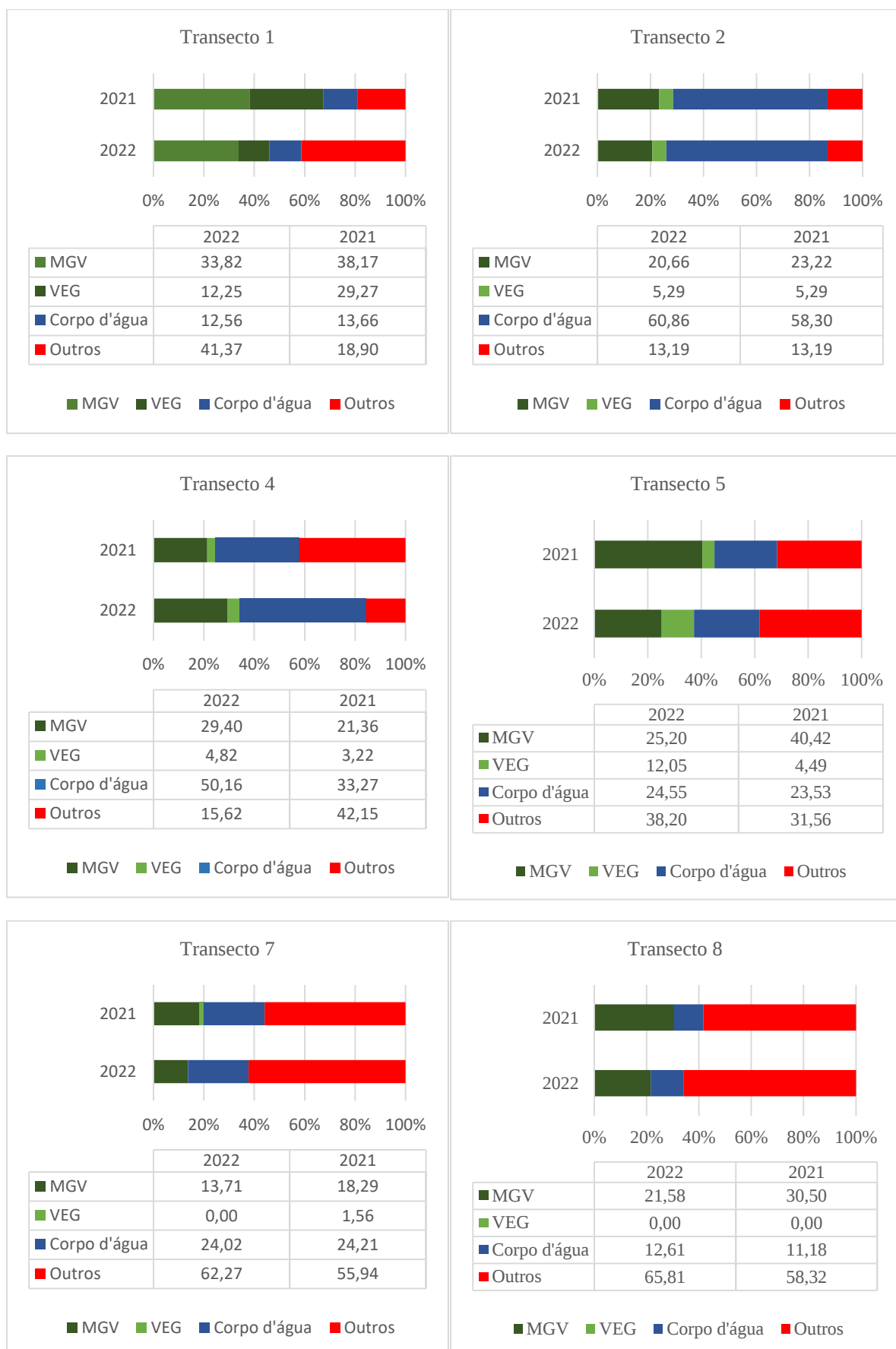
Figura 20. 2019 a 2020, transectos 6 e 7, fonte: o autor.

No período de 2020 a 2021, a supressão de manguezais foi mais acentuada no transecto 7, que perdeu 100% de sua área. Perdas moderadas foram observadas nos transectos 2 (34,5%) e 3 (42,2%). Por fim, os transectos 4 (2,7%), 5 (8,2%) e 6 (28,2%) registraram uma supressão de nível leve.

Figura 21. 2020 a 2021, transectos 2, 3, 4, 5, 6 e 7, fonte: o autor.

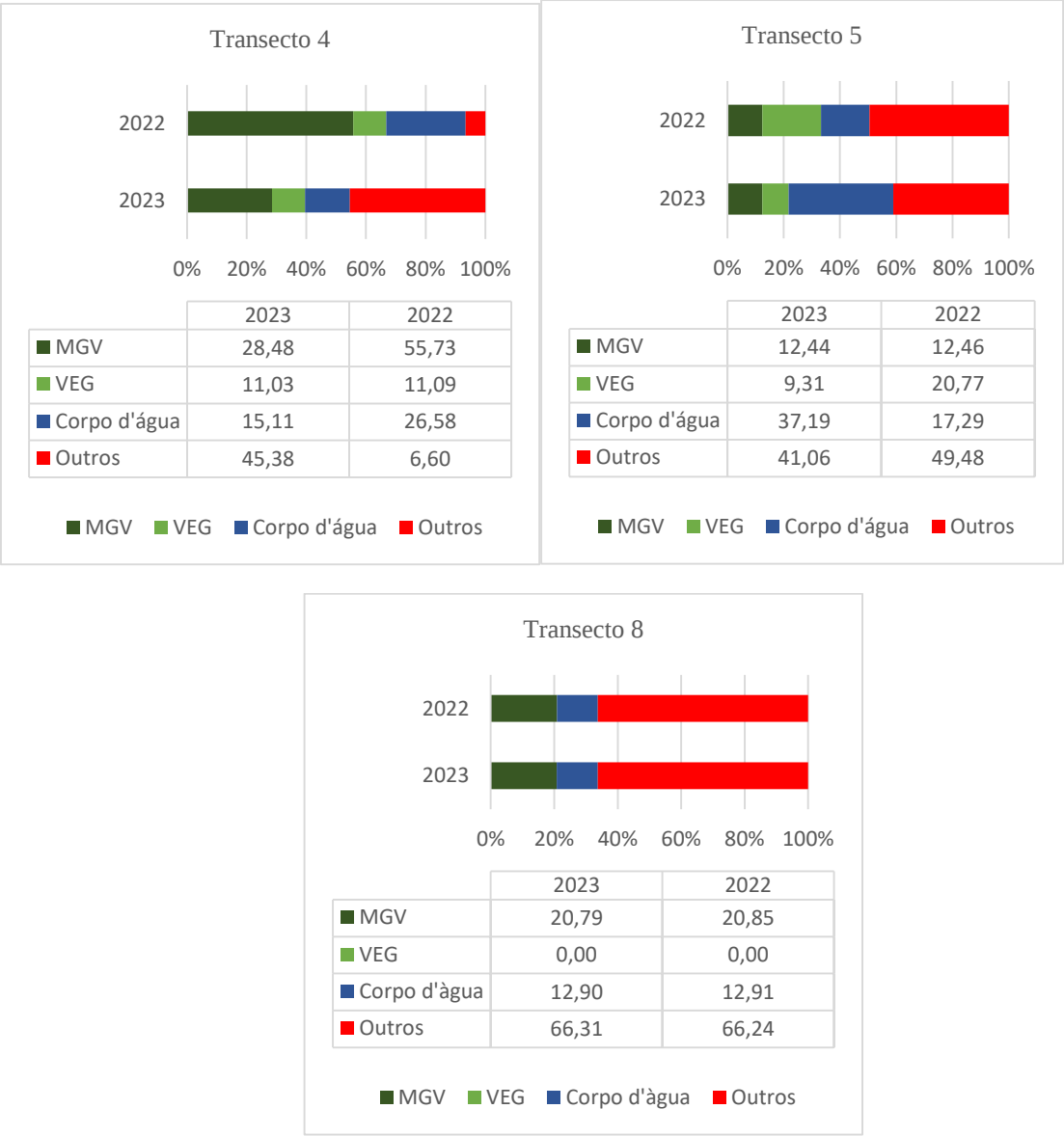


No período de 2021 a 2022, a supressão de manguezais atingiu um nível moderado no transecto 5, com uma perda de 37,0%. Uma supressão de nível leve foi registrada nos transectos 1 (15,6%), 2 (11,0%), 4 (23,1%), 7 (24,9%) e 8 (29,4%).

Figura 22. 2021 a 2022, transectos 1, 2, 4, 5, 7 e 8, fonte: o autor.

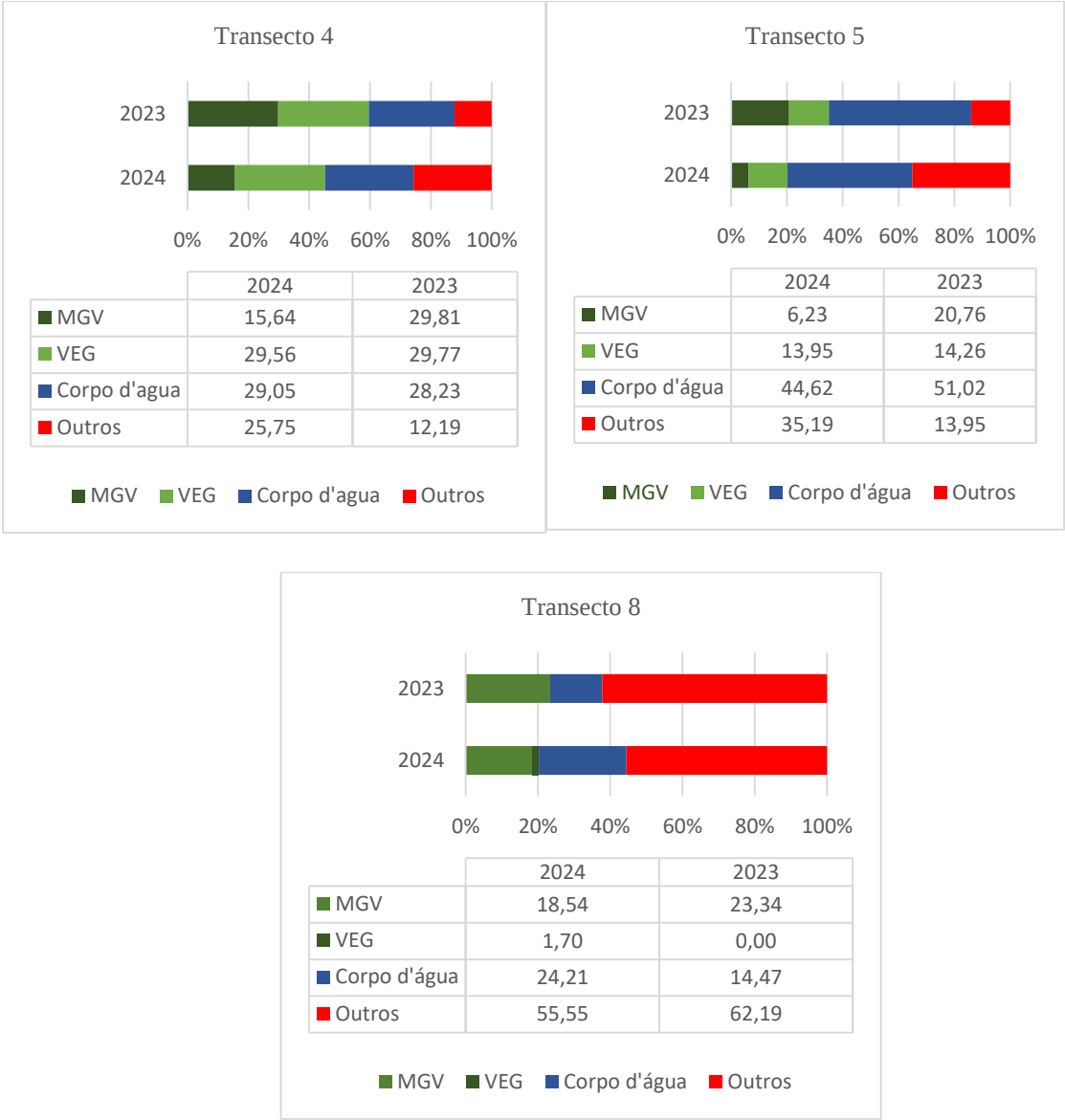
A análise de supressão de manguezais para o período de 2022 a 2023 indicou perdas de nível leve em três locais. Os transectos impactados foram o 4 (4,1%), 5 (28,2%) e 8 (15,2%).

Figura 23. 2022 a 2023, transectos 4, 5 e 8, fonte: o autor.



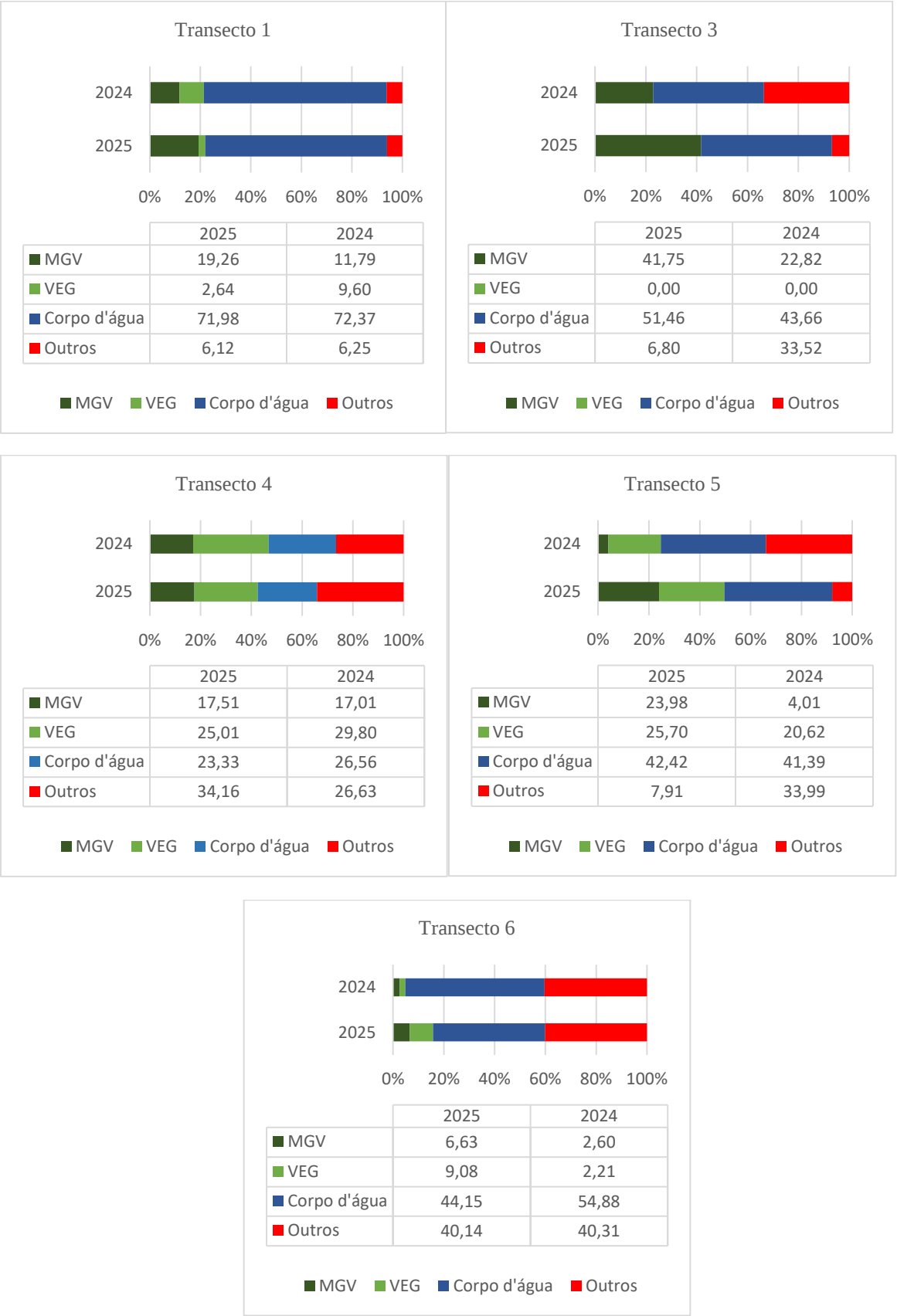
No período de 2023 a 2024, a perda de área de manguezal atingiu um nível moderado no transecto 5 (53,5%). Uma supressão leve também foi identificada nos transectos 4 (14,9%) e 8 (7,0%).

Figura 24. 2023 a 2024, transectos 4, 5 e 8, fonte: o autor.



A análise do período de 2024 a 2025 revelou uma supressão de manguezais de nível leve em seis transectos. As perdas foram: transecto 1 (0,5%), 2 (13,8%), 3 (31,8%), 4 (12,4%), 5 (24,3%) e 6 (20,0%).

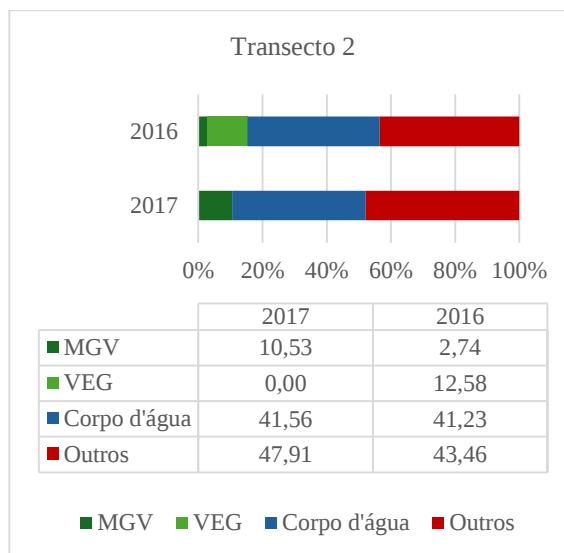
Figura 25. 2024 a 2025, transectos 1, 3, 4, 5 e 6, fonte: o autor.



5.2.2 Delta de maré enchente interno

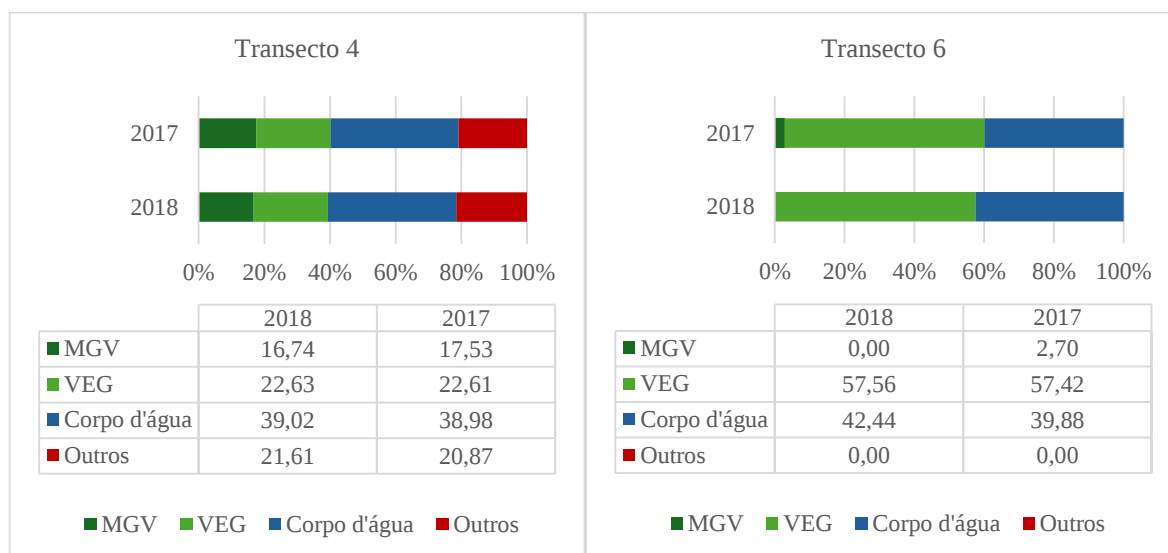
Nos anos de 2016 a 2017 o ambiente permaneceu estável, com um aumento de 281,6% do manguezal no transecto 2.

Figura 26. 2016 a 2017, transecto 2, fonte: o autor.

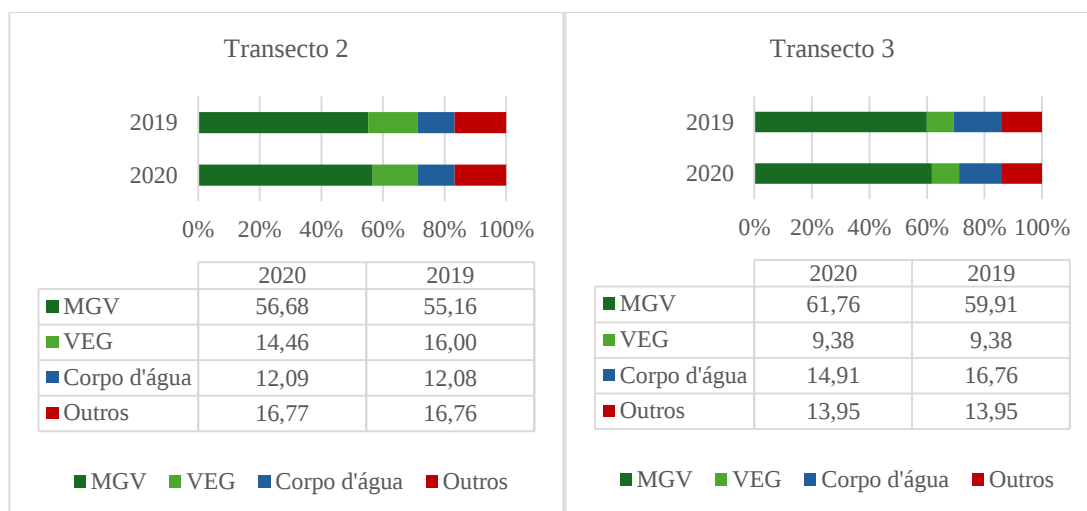


Nos anos de 2017 a 2018 o transecto 4 obteve supressão leve com perda de 4,6% e o transecto 6, avançada, com perda de 100% da vegetação de mangue.

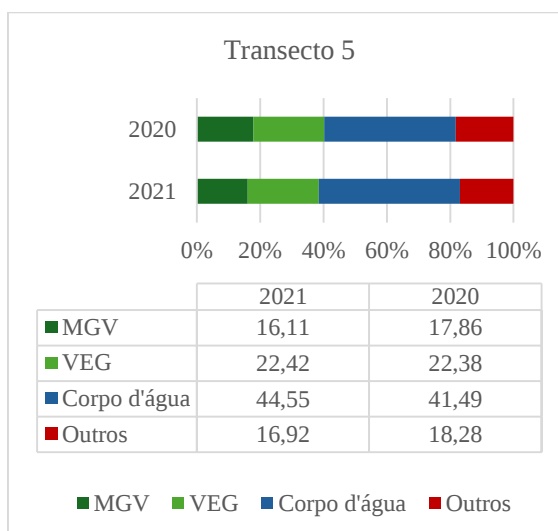
Figura 27. 2017 a 2018, transectos 4 e 6, fonte: o autor



Nos anos de 2018 a 2019 o ambiente permaneceu estável, sem apresentar supressão de manguezal. Já nos anos de 2019 a 2020 os transectos 2 e 3 obtiveram um aumento de 29,9% e 33,9% respectivamente, na área de manguezal.

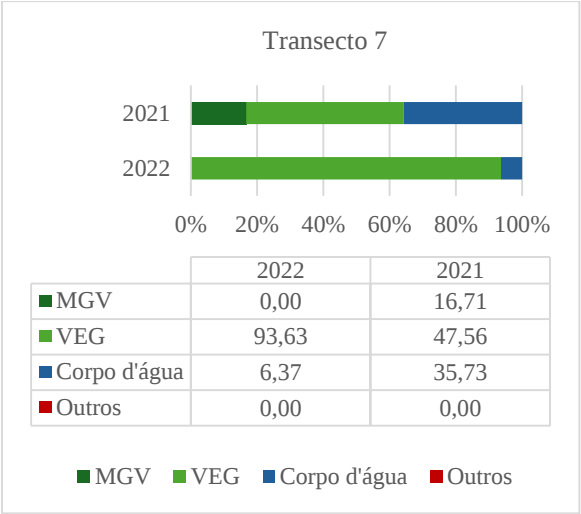
Figura 28. 2019 a 2020, transectos 3 e 2, fonte: o autor.

Nos anos de 2020 a 2021 o ambiente permaneceu estável, apresentando supressão leve de 9,9% no transecto 5.

Figura 29. 2020 a 2021, transecto 5, fonte: o autor.

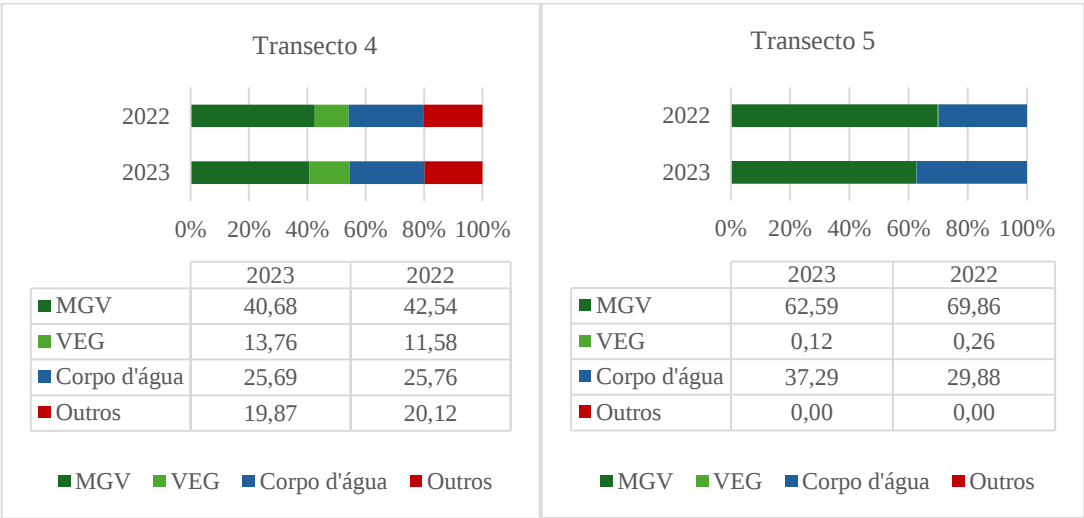
Nos anos de 2021 a 2022 o transecto 7 apresentou supressão avançada, com uma perda de 83,2% na área de manguezal.

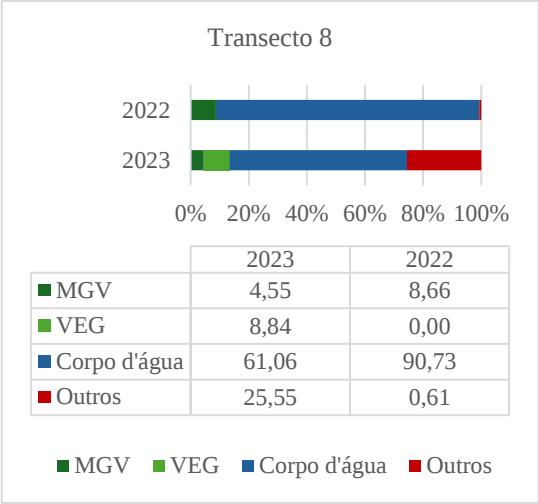
Figura 30. 2021 a 2022, transecto 7, fonte: o autor.



Nos anos de 2022 a 2023, os transectos 4, 5 e 8 apresentaram supressão leve, com 4,1%, 28,2% e 15,2% de perda de áreas de manguezal respectivamente.

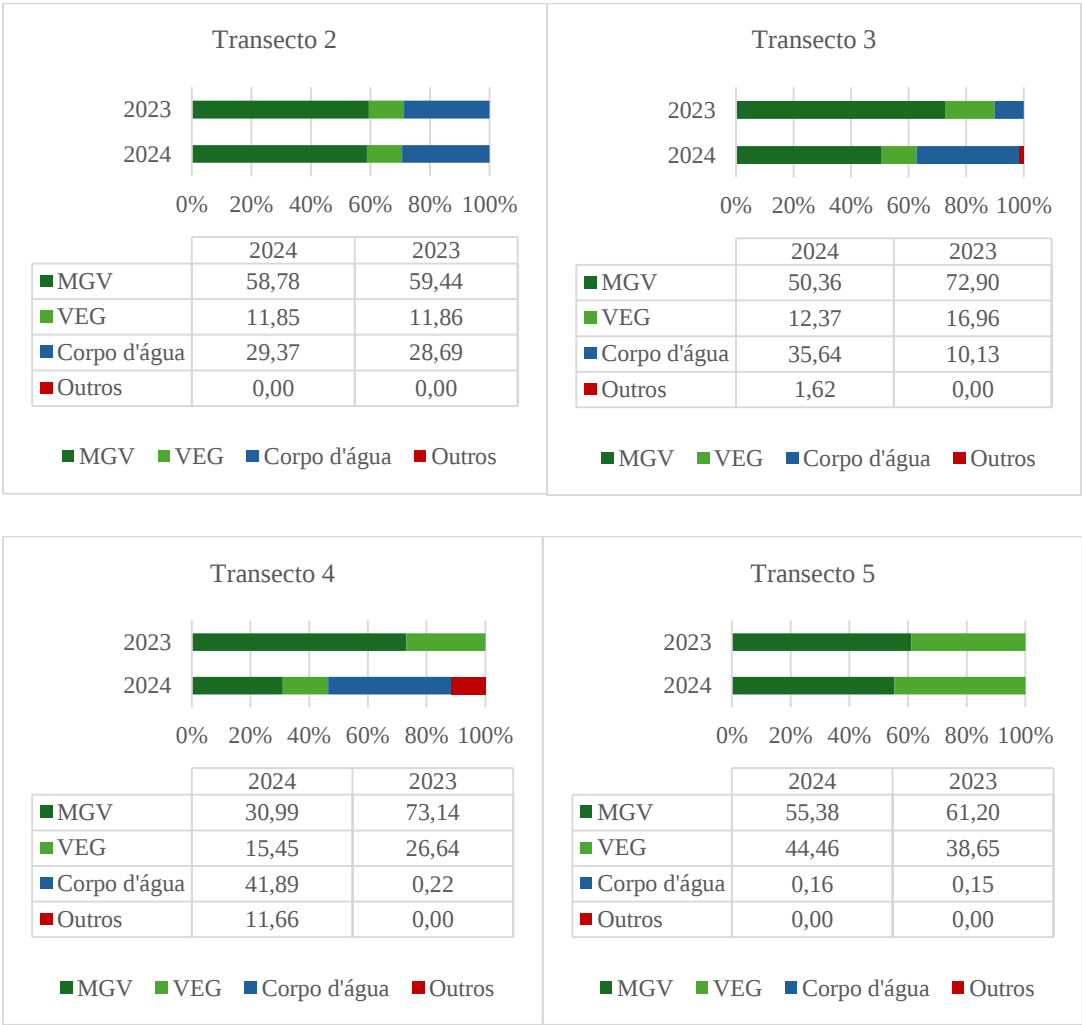
Figura 31. 2022 a 2023, transectos 4, 5 e 8, fonte: o autor.

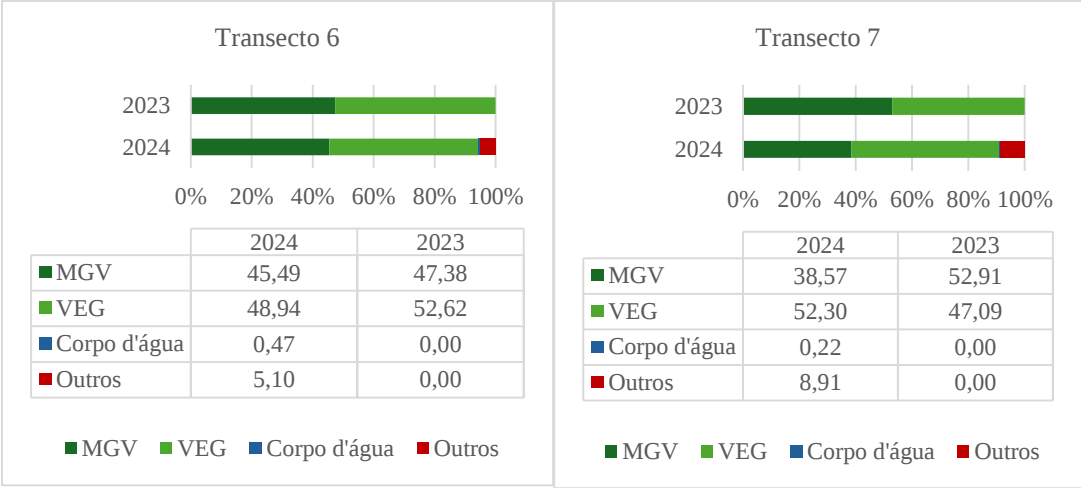




Nos anos de 2023 a 2024 todos os transectos apresentaram supressão leve, exceto os transectos 1 e 8. Todos apresentaram perda da área de manguezal, sendo 1% no transecto 2, 7,1% no 3, 27% no 4, 15% no 5, 6% no 6 e 26,5% no 7.

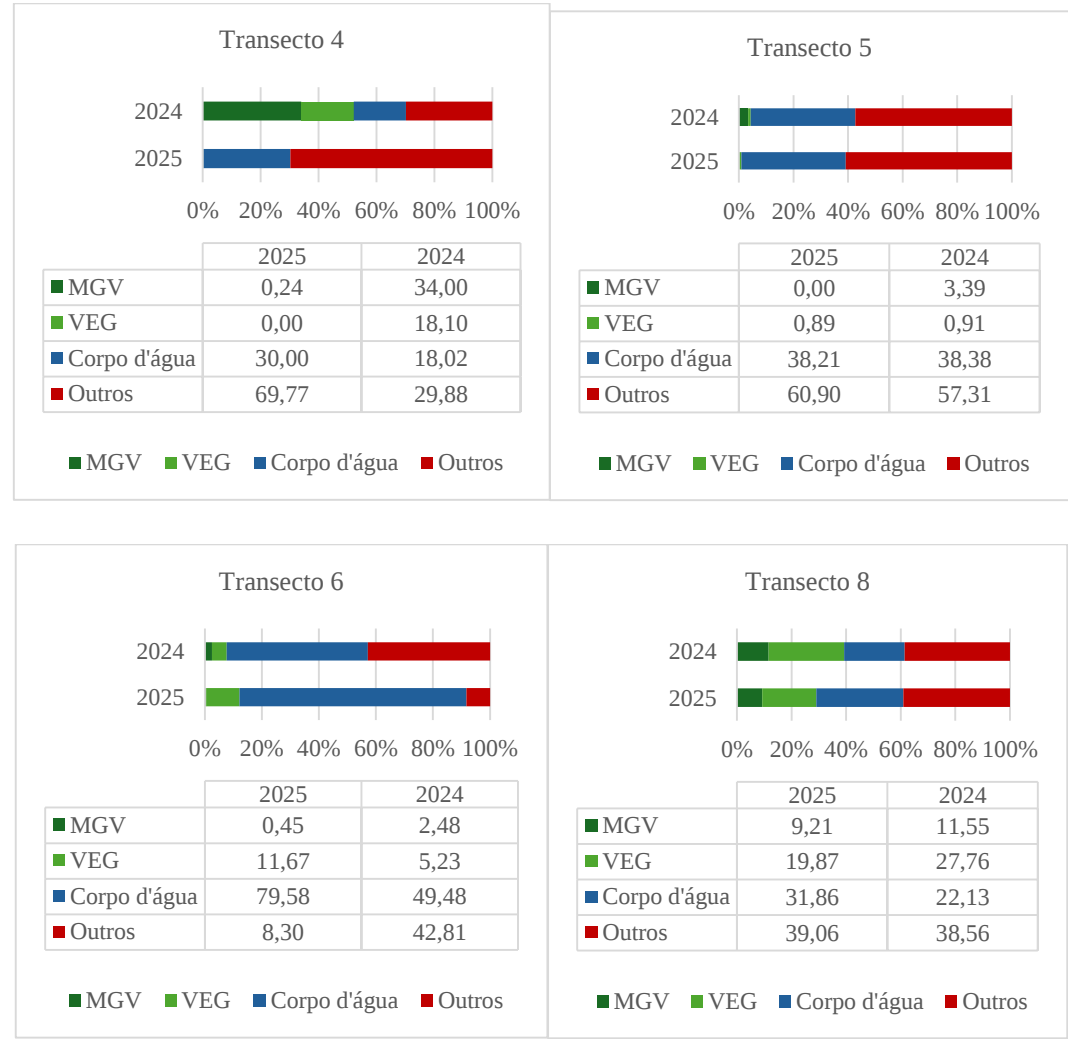
Figura 32. 2023 a 2024, transectos 2, 3, 4, 5, 6 e 7, fonte: o autor.





Nos anos de 2024 a 2025 os transectos 4, 5 e 6 obtiveram supressão avançada, com porcentagem de perda de 99,6%, 100% e 88,8% respectivamente, e o transecto 8, supressão leve, com perda de 21,3% de mangue.

Figura 33. 2024 a 2025, transectos 4, 5, 6 e 8, fonte: o autor.



6 DISCUSSÃO

6.1 Evolução do Inlet costeiro

O foco do mapeamento com o CoastSat não se restringe à quantificação da alteração da linha de costa como nos métodos tradicionais, mas visa também identificar o comportamento da dinâmica de mudança tanto do inlet quanto do spit ao longo dos anos.

As taxas de variação da linha de costa indicam as tendências de variação ao longo dos transectos. Os transectos 6, 2 e 7 (figuras 10, 6 e 11) apresentam uma taxa positiva, com valores de +15.4, +4.7 e +2.5 m/ano, respectivamente, que correspondem à região de acresção do spit, onde ao longo dos anos se acumulou sedimento, impulsionando o avanço da feição. Em contrapartida, os transectos 1, 3, 4 e 5 (figuras 5, 7, 8 e 9) apresentaram uma taxa negativa, com valores de -8.2, -9.1, -26.3 e -18.2 m/ano, respectivamente. Essas taxas de recuo correspondem à região de erosão na base e no corpo do spit, refletindo a remoção de sedimento que alimenta a migração da feição arenosa ao longo da costa. Os transectos 2 e 4 estão voltados para o continente, e a taxa desses transectos corresponde a taxa de movimentação do spit on-shore.

A evolução da foz do Rio Preguiças é baseada na dinâmica entre o crescimento do Spit e o comportamento do canal fluvial principal. No final da década de 80 o spit inicia sua migração para leste, e, na década de 90 o transecto 6 evidencia uma erosão acentuada que levou ao rompimento do spit e reconfigurando a foz do rio. A partir dos anos 2000, um novo inlet começou a se formar, além de um novo spit na margem direita, sendo possível ver a acresção acentuada no transecto 7 (figura 11) e no transecto 2 (figura 6), o último apresentando pico em 2004 e 2005.

As imagens a partir de 2005, em particular, revelam uma forte correlação com a dinâmica observada nas áreas de manguezal. Nelas, é possível notar que em determinados anos ocorre a abertura de dois inlets no Pontal: a foz antiga do Rio Preguiças e a nova. Estes canais alternam entre períodos em que estão abertos e períodos em que a foz principal é barrada.

Quando a foz é barrada, a ação do rio torna-se menos eficiente, o que resulta em maior acúmulo de material para a formação dos deltas e consequentemente o assoreamento do canal. Essa perda de competência do rio possibilita um aumento nas áreas de manguezais (Flores-de-Santiago *et al.*, 2023).

Por outro lado, quando estes inlets estão abertos, significa que há uma dinâmica mais forte na foz do rio, resultando na supressão de manguezais, associado também à dinâmica das dunas.

6.2 Compressão costeira

A análise da dinâmica dos manguezais na foz do Rio Preguiças entre 2016 e 2025 revela um sistema costeiro altamente dinâmico, onde diferentes processos coexistem e levam a respostas distintas. Cada região se comportou de uma forma diferente, o delta externo mostrou uma tendência de supressão contínua e progressiva, já o delta interno obteve um crescimento na área de mangue e logo após sofreu uma perda grande e rápida.

Pontee (2013) define o processo de compressão costeira como a perda de habitat intermareal que fica "espremido" entre uma linha de maré alta fixa (seja por defesas artificiais ou barreiras naturais) e a linha de maré baixa que migra para a terra em resposta à elevação do nível do mar.

No caso do estuário do Rio Preguiças, o delta externo está mais exposto à forçantes diretas como energia das ondas, correntes costeiras e subida do nível do mar. Os extensos campos de dunas funcionam como uma barreira natural, e avançam sobre os manguezais, suprimindo a vegetação (Dos Santos, 2022; Lacerda, 2018). À medida que as forçantes marinhas (ondas e marés) erodem a borda externa do mangue, o ecossistema perde área líquida, um padrão consistente com a degradação contínua observada a partir de 2019 nos transectos externos. Esta perda progressiva, sem a possibilidade de recuo, caracteriza a "compressão costeira".

Por outro lado, a dinâmica do delta interno foi mais instável, caracterizada por um expressivo crescimento na área de manguezais no início do período, que pode ser relacionado ao fechamento temporário do inlet, que promove a acumulação de sedimentos e cria um ambiente de águas calmas e de baixa salinidade, condições ideais para o recrutamento e estabelecimento de espécies de mangue (Flores-de-Santiago *et al.*, 2023). A perda de áreas de manguezal coincide com o período em que houve a abertura do inlet.

7 CONCLUSÃO

A investigação sobre a foz do Rio Preguiças demonstrou uma clara interação entre a dinâmica do inlet e a paisagem dos manguezais adjacentes, porém são necessárias mais pesquisas que quantifiquem essa interação. A análise da evolução do Spit costeiro, realizada com o CoastSat, revelou que a morfologia do estuário é controlada pela dinâmica do Spit e pelo comportamento do canal fluvial.

A evolução do sistema não é linear, sendo marcada por um evento de ruptura do esporão na década de 1990, que reconfigurou a foz do rio e deu início à formação de um novo inlet a partir dos anos 2000. Foi possível observar que a dinâmica de abertura e fechamento impacta diretamente as áreas de manguezal. Períodos de fechamento levam ao assoreamento e à acumulação de sedimentos, criando condições favoráveis para a expansão dos manguezais. Em contrapartida, a abertura dos canais resulta em uma dinâmica mais forte que leva à supressão do mangue.

REFERÊNCIAS

- Almeida, L.P.; De Oliveira I. E.; Lyra R.; Dazzi R. L. S.; Martins V. G.; Da Fontoura Klein A. H. (2021) Coastal analyst system from space imagery engine (CASSIE): shoreline management module. *Environ Model Softw* 140:105033
- BARREIRINHAS. Diagnóstico Preliminar Programa Orla. Prefeitura Municipal de Barreirinhas. Barreirinhas, MA, 2022. Disponível em: <https://www.barreirinhas.ma.gov.br/informa.php?id=896>. Data de acesso: 20.12.2024;
- Bezerra, D. de M.; Amaral, S.; Kampel, M. Impactos da elevação do nível médio do mar sobre o ecossistema manguezal: a contribuição do sensoriamento remoto e modelos computacionais. *Ciência e Natura*, v. 35, n. Especial, p. 53-57, set. 2013
- Chen, B., Xiao, X., Li, X., Pan, L., Doughty, R., Ma, J., Dong, J., Qin, Y., Zhao, B., Wu, Z., Sun, R., Lan, G., Xie, G., Clinton, N., Giri, C., 2017. A mangrove forest map of China in 2015: analysis of time series Landsat 7/8 and Sentinel-1A imagery in Google Earth Engine cloud computing platform. *ISPRS J. Photogrammetry Remote Sens.* 131, 104–120. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.07.011>
- Da Costa, R. M.; Nery, F. A.; Bentes, B. S. A importância das geotecnologias como suporte na análise de ecossistemas costeiros, com ênfase no ecossistema manguezal. In: MOURA, A. C. de M.; CASTRO, N. M. R. de (Org.). *Ciências agrárias e ambientais*. 1. ed. Belém: RFB, 2017. v. 1, p. 119-130
- Dos Santos, J. S. et al. Loss and Gain in Mangrove Surrounding the Lençóis Maranhenses National Park: An Integrated Approach Using Remote Sensing and SIG Data. 2024

Dos Santos, J. S. Avaliação espaço-temporal dos manguezais no entorno do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses (Brasil). 2022. 42 f.. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Maranhão , São Luís, 2022.

Duong, TM, Ranasinghe, R., Walstra, D., Roelvink, D., 2016. Avaliando os impactos das mudanças climáticas na estabilidade de pequenos sistemas de entrada de maré: por que e como? *Earth-Sci. Rev.* 154, 369– 380. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2015.12.001>

Duong, TM, Ranasinghe, R., Luijendijk, A., Walstra, D., 2017. Avaliação dos impactos das mudanças climáticas na estabilidade de pequenas entradas de maré: parte 1 - ambientes com escassez de dados. *Mar. Geol.* 390, 331–346. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2017.05.008>

El-Robrini, M., Santos, A., Vaz, M., Santos, J., Lima, L., & Souza, U. (2018). Panorama da Erosão Costeira no Brasil: Capítulo Maranhão., 167 – 240. Biblioteca do Meio Ambiente: Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasília, DF

Flores-De-Santiago, F. et al. Understanding the natural expansion of white mangrove (*Laguncularia racemosa*) in an ephemeral inlet based on geomorphological analysis and remote sensing data. *Journal of Environmental Management*, v. 338, p. 117820, 2023

Heimhuber, V.; Vos, K.; Fu, W.; Glamore, W., 2021. InletTracker: an open-source Python toolkit for historic and near real-time monitoring of coastal inlets from Landsat and Sentinel-2. *Geomorphology* 389, 107830. <https://doi.org/10.1016/j>

Hu, LuoJia; Li, Wenyu; Xu, Bing. The role of remote sensing on studying mangrove forest extent change. *International Journal of Remote Sensing*, v. 39, n. 19, p. 6440-6462, 2018

JESUS, V. C. de. Análise da geomorfologia fluvial da bacia do Rio Preguiças: Padrões de drenagem na região dos Lençóis Maranhenses. 2021. 147 p. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Geografia) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2021

Kamal, M., Sidik, F., Prananda, A.R.A., Mahardhika, S.A., 2021. Mapping leaf area index of restored mangroves using WorldView-2 imagery in perancak estuary, bali, Indonesia. *Remote Sens. Appl.: Society and Environment* 23, 100567. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100567>

KLEIN, A.H.F. et al. Coastal analyst system from space imagery engine (CASSIE-CORE): a cloud-based toolset for geoscientists. *Coastal Sediments* 2023, p. 1584-1596, 2023. DOI: 10.1142/9789811275135_0147

KONSTANTINOU, A. et al. Satellite-based shoreline detection along high-energy macrotidal coasts and influence of beach state. *Marine Geology*, v. 462, p. 107082, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2023.107082>

Lacerda, L. D. Landward migration of mangroves and the advance of dune fields as a response to sea-level rise. *ISME/GLOMIS Electronic Journal*, 2018.

Lawson, S. K.; Udo, K.; Tanaka, H. Tracking the Historical Opening and Closure of Inlets along the Coast of Ghana. *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)*, v. 78, n. 2, p. I_1099-I_1104, 2022

Lessa, G., 2020. Aspectos básicos da circulação estuarina e sua relação com o ambiente costeiro. In: Muehe, D., Lins-de-Barros, F. M., Pinheiro, L. S., 2020. *Geografia Marinha: Oceanos e Costas na Perspectiva de Geógrafos*. Rio de Janeiro, PGGM

LIANG, Shanshan et al. Mapping mangrove sustainability in the face of sea level rise and land use: A case study on Leizhou Peninsula, China. *Journal of Environmental Management*, v. 325, p. 116554, 2023

PONTEE, Nigel. Definindo a compressão costeira: Uma discussão. *Ocean & coastal management*, v. 84, p. 204-207, 2013.

PROJETO MAPBIOMAS. Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. 2024. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>. Acesso em: 15 jul. 2025.

Menezes MP, Berger U, Mehlig U. 2008. Mangrove vegetation in Amazonia: a review of studies from the coast of Pará and Maranhão States, north Brazil. *Acta Amazonica* 38: 403–420

Nguyen, Hai-Hoa; Nguyen, Cuong Trong; DAI VO, Nguyen. Spatial-temporal dynamics of mangrove extent in Quang Ninh Province over 33 years (1987–2020): Implications toward mangrove management in Vietnam. *Regional Studies in Marine Science*, v. 52, p. 102212, 2022

Ribeiro, S. P; Lima, D. D. C. A; Mochel, F. R; Bezerra, D. D. S. Geodiversidad y servicios ecosistémicos de los manglares en el complejo portuario de São Luís, Maranhão, Brasil/Geodiversidade e serviços ecossistêmicos de manguezais no complexo portuário de São

Luís, Maranhão, Brasil. William Morris Davis-Revista de Geomorfologia, v. 5, n. 3, p. 1-14, 2024

ROY, A. D. et al. Optimizing mangrove afforestation site selection in Gulf Cooperation Council nations using remote sensing and machine learning. Science of The Total Environment, v. 871, p. 162121, 1 maio 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179805>

Sadat-Noori, M., Santos, I.R., Tait, D.R., McMahon, A., Kadel, S., Maher, D.T., 2016. Intermittently Closed and Open Lakes and/or Lagoons (ICOLLS) as groundwater-dominated coastal systems: Evidence from seasonal radon observations. Journal of Hydrology 535, 612–624. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.01.080>

Solangi, Kashif Ali; Aljahdali, Mohammed Othman. Monitoramento de longo prazo da expansão dos manguezais e da degradação da linha costeira nas Ilhas Farasan usando dados Landsat (1993-2023). Árvores, Florestas e Pessoas, p. 100910, 2025.

Thieler, E.R.; Himmelstoss, E.A.; Zichichi, J.L., Ergul, Ayhan, 2017. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 4.0—An ArcGIS Extension for Calculating Shoreline Change. ver. 4.4, July 2017. U.S. Geological Survey Open-File. Report 2008-1278

Torres, F. T. P.; Machado, P. J. O. Introdução à Climatologia. Ubá: Ed. Geographica, 2008. – (Série de Textos Básicos de Geografia) 234 p

Tung, T.T.; Walstra, D-J.R.; Van De Graaff, J. and Stive, M.J.F.: Morphological Modeling of Tidal Inlet Migration and Closure. J. Coast. Res., No. 56, pp. 1080–1084, 2009

Varejão-silva, M.A., 2006. Meteorologia e Climatologia. Versão digital, 2. ed. Recife

Vitousek S, Buscombe D, Vos K, Barnard PL, Ritchie AC and Warrick JA (2023). The future of coastal monitoring through satellite remote sensing. Cambridge Prisms: Coastal Futures, 1, e10, 1–18 <https://doi.org/10.1017/cft.2022.4>

Vos, K.; Splinter, K. D.; Harley, M. D.; Simmons, J. A.; & Turner, I. L. (2019b). CoastSat: A Google Earth Engine-enabled Python toolkit to extract shorelines from publicly available

satellite imagery. *Environmental Modelling and Software*, 122, 104528.
<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.10>

ANEXO

Tabela 1. Imagens seleccionadas.

Datas	Missão de satélite	Coleção GEE	Datas	Missão de satélite	Coleção GEE	Datas	Missão de satélite	Coleção GEE
10/06/1986 12:28	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	28/10/2005 12:43	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	17/10/2019 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
29/06/1987 12:29	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	04/02/2010 12:55	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	29/05/2020 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
15/06/1988 12:35	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	20/02/2010 12:55	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	28/06/2020 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
17/07/1988 12:35	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	15/08/2010 12:55	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	13/07/2020 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
26/05/1989 12:27	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	29/06/2013 13:44	Landsat 8 (OLI)	LANDSAT/LC08/ C01/T1_RT_TOA	28/07/2020 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
08/06/1991 12:27	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	10/06/2015 13:04	Landsat 8 (OLI)	LANDSAT/LC08/ C01/T1_RT_TOA	12/08/2020 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
25/05/1992 12:28	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	26/06/2015 13:04	Landsat 8 (OLI)	LANDSAT/LC08/ C01/T1_RT_TOA	06/09/2020 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
02/07/1994 12:23	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	29/06/2016 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2	04/04/2021 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
03/06/1995 12:11	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	30/07/2016 13:04	Landsat 8 (OLI)	LANDSAT/LC08/ C01/T1_RT_TOA	27/08/2021 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
11/08/1997 12:36	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	28/08/2016 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2	26/09/2021 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
27/08/1997 12:36	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	06/11/2016 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2	08/07/2022 13:23	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
12/09/1997 12:37	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	26/11/2016 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2	18/07/2022 13:23	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
11/06/1998 12:42	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	15/06/2017 13:04	Landsat 8 (OLI)	LANDSAT/LC08/ C01/T1_RT_TOA	02/08/2022 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
20/08/2019 12:42	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	01/07/2017 13:04	Landsat 8 (OLI)	LANDSAT/LC08/ C01/T1_RT_TOA	17/08/2022 13:23	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
21/02/2004 12:38	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	29/07/2017 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2	01/09/2022 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2

24/05/2026 12:45	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	12/09/2017 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2	01/10/2022 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
24/07/2013 12:47	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	27/09/2017 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2	16/10/2022 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
24/12/2029 12:44	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	02/10/2017 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2	30/11/2022 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
25/05/2013 12:52	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	11/03/2018 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2	28/02/2023 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
25/07/2016 12:52	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	04/06/2018 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2	23/07/2023 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
25/08/2001 12:52	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	17/09/2018 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2	07/08/2023 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
27/06/2020 12:58	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	02/10/2018 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2	06/09/2023 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
27/07/2006 12:58	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	11/11/2018 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2	21/09/2023 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
27/10/2003 12:51	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	01/12/2018 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2	05/12/2023 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
28/05/1930 12:46	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	11/03/2019 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2	19/01/2024 12:58	Landsat 8 (OLI)	LANDSAT/LC08/ C01/T1_RT_TOA
28/06/2022 12:52	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	13/05/2019 12:58	Landsat 8 (OLI)	LANDSAT/LC08/ C01/T1_RT_TOA	28/05/2024 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
28/07/2024 12:51	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	24/06/2019 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2	12/06/2024 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
28/09/2010 12:50	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	24/07/2019 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2	27/07/2024 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2
28/10/2005 12:43	Landsat 5 (TM)	LANDSAT/LT05/ C01/T1_TOA	07/09/2019 13:22	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2	05/05/2025 13:23	Sentinel - 2 (MSI)	COPERNICUS/S2