



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 648**

**ESTUDO DOS MANGUEZAIS DEGRADADOS DA COSTA  
OESTE DA FLÓRIDA DURANTE OS ÚLTIMOS 20 ANOS  
BASEADO EM IMAGENS DE SATÉLITE E DADOS LIDAR**

**Dissertação apresentada por:**

**DIANA PAOLA CARDENAS RUIZ**

**Orientador: Prof. Dr. Marcelo Cancela Lisboa Cohen (UFPA)**

---

**BELÉM - PARÁ  
2024**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

C266e Cardenas Ruiz, Diana Paola.  
Estudo dos manguezais degradados da costa oeste da Flórida durante os últimos 20 anos baseado em imagens de satélite e dados lidar / Diana Paola Cardenas Ruiz. — 2024.  
xii, 55 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Marcelo Cancela Lisboa Cohen  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,  
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2024.

1. Degradação. 2. Lidar. 3. Manguezal. 4. Regeneração. 5. Sensoriamento remoto. I. Título.

CDD 551.457

---



**Universidade Federal do Pará**  
**Instituto de Geociências**  
**Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica**

**ESTUDO DOS MANGUEZAIS DEGRADADOS DA COSTA  
OESTE DA FLÓRIDA DURANTE OS ÚLTIMOS 20 ANOS  
BASEADO EM IMAGENS DE SATÉLITE E DADOS LIDAR**

**Dissertação apresentada por:**

**DIANA PAOLA CARDENAS RUIZ**

**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de  
GEOLOGIA e Linha de pesquisa de Geologia Marinha e Costeira.**

**Data da aprovação: 31/05/2024**

**Banca Examinadora:**

**Prof. Dr. Marcelo Cancela Lisboa Cohen**  
**(Orientador – UFPA)**

**Prof. Dr. José Francisco Berrêdo Reis da Silva**  
**(Membro - MPEG)**

**Prof. Dr. Marlon Carlos França**  
**(Membro – IFES)**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelas bênçãos, ajuda e força cada dia.

Ao meu orientador Professor Dr. Marcelo Cohen pela oportunidade, confiança, apoio e paciência durante a realização deste trabalho. Agradeço seus ensinamentos e profissionalismo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES)-Brasil Código 001, pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos meus pais Mireya e Julio pelo amor, apoio e compressão em todos os momentos da vida. Eu amo vocês!

Aos meus irmãos Felipe e Juan pelo carinho e incondicionalidade de sempre.

Ao Sérgio pela ajuda e compreensão, minha admiração e afeição.

Aos meus avós, tias e tios, e demais familiares pelo apoio em este processo.

Ao Laboratório de Dinâmica Costeira LADIC da Universidade Federal do Pará, pelos equipamentos e computadores necessários para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao pessoal do Ladic, Erika, Nisya e Augusto pelos conselhos e ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, pela contribuição na formação acadêmica e profissional.

Aos meus amigos de sempre Andrea, Diego, Julieth e Monica D, assim como aos meus amigos colombianos em Brasil Mônica A, Howard, Kike, Jorge, Esmeralda, Sebastian e Jenny.

Ao Planet pela disponibilização das imagens de satélite que foram a base deste trabalho.

As secretarias de PPGG pela colaboração e gentileza.

Por fim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que eu desenvolvesse e finalizasse minha dissertação.

*Acima de tudo, guarde o seu coração,  
pois dele depende toda a sua vida.  
Provérbios 4:23*

## RESUMO

O Golfo de México tem um dos mais longos cinturões de manguezais, ocorrendo ao longo da costa sudoeste da Flórida. A faixa contínua dessas florestas tem uma área aproximada de 2200 km<sup>2</sup>. Estressores naturais como furacões e tempestades, além de outros fatores de origem antrópica como derramamentos de petróleo ou poluição podem provocar o processo de “*dieback*” do manguezal. Esse fenômeno ocorre quando as florestas de manguezal experimentam uma perda no dossel que pode levar ao declínio ou morte das árvores. Os efeitos posteriores ao “*dieback*” ocasionalmente deixam uma cicatriz de degradação no manguezal. No último século, com o desenvolvimento urbano no sudoeste da Flórida, os efeitos negativos do “*dieback*” parecem estar ganhando perenidade. O presente estudo identificou as possíveis causas da permanência da degradação dos manguezais associada ao “*dieback*” durante as últimas duas décadas. Para identificar essas causas, foi utilizada a seguinte metodologia: a) classificação da cobertura vegetal ao longo da costa oeste da Flórida; b) identificação de pontos de “*dieback*” em imagens de satélite de alta resolução; c) análise espaço-temporal das áreas de “*dieback*” e d) modelos digitais de elevação da superfície e da altura da vegetação. Foram encontrados 86 pontos de “*dieback*” (PD) que se agruparam em 6 regiões: Crawl Key, Key West, Marco Island, Pine Island, Charlotte e Terra Ceia. 75% dos PD apareceram entre o 2004 e 2007 coincidindo com a atividade de furacões. Em 2020 a área total de “*dieback*” no sudoeste da Flórida foi de 119,69 ha. Para os períodos de 2014-2016 e 2009-2011 as áreas de “*dieback*” registram valores de 116,47 e 127,89 ha respectivamente, evidenciando uma dinâmica de regeneração e degradação. Os modelos digitais do terreno para Pine Island e Marco Island mostraram mudanças na altura da planície de maré com variações entre -2 até 45 cm. Essas variações podem estar ligadas à: processos de sedimentação, dissolução dos carbonatos na planície de maré ou ao colapso da turfa associada ao solo do manguezal. As árvores de manguezal apresentaram uma redução em sua altura depois da passagem dos furacões, particularmente nos PD. Considerando os PDs que apresentaram regeneração, esse processo foi lento deixando uma cicatriz com exposição da planície de maré. Esse estudo revelou uma relação direta entre os furacões e o surgimento de “*dieback*”.

**Palavras-chave:** degradação; lidar; manguezal; regeneração; sensoriamento remoto.

## ABSTRACT

The Gulf of Mexico presents one of the longest mangrove belts in southern Florida. This continuous mangrove strip has an approximate area of 2200 km<sup>2</sup>. Natural stressors such as hurricanes, storms, and other anthropogenic factors such as oil spills or pollution can trigger the dieback of the mangrove on the southwest coast of Florida. The dieback of the mangrove refers to the phenomenon where the mangrove forests experience a loss in the canopy that can lead to the decline or death of the trees. The effects of the dieback occasionally leave a scar of degradation in the mangrove forest. In the last century, with urban development in southwest Florida, the adverse effects of dieback seem to be gaining permanence. The present study identified the possible causes of the permanence of mangrove degradation associated with dieback over the last two decades. To identify these causes, the following methodology was used: a) classification of vegetation cover along the west coast of Florida, b) identification of dieback points in high-resolution satellite images, c) spatiotemporal analysis of dieback areas, and d) digital models of surface elevation and vegetation height. 86 dieback points (PD) were found grouped into 6 regions: Crawl Key, Key West, Marco Island, Pine Island, Charlotte, and Terra Ceia. 75% of the PD appeared between 2004 and 2007, coinciding with hurricane activity. In 2020, the total dieback area in southwest Florida was 119,69 ha. For the periods of 2014-2016 and 2009-2011, the areas of dieback recorded values of 116,47 and 127,89 ha, respectively, evidencing a dynamic of regeneration and degradation. The digital terrain models for Pine Island and Marco Island showed changes in the height of the tidal flat with variations between -2 to 45 cm. These variations may be linked to sedimentation processes, dissolution of carbonates in the tidal flat, or peat collapse associated with the mangrove soil. The mangrove trees reduced their height after the passage of hurricanes, particularly in the PD. Even though the PD showed regeneration, this process was slow, leaving a scar exposed to the tidal flat. This study revealed a direct relationship between hurricanes and the appearance of dieback.

**Keywords:** degradation; lidar; mangrove; regeneration; remote sensing.