



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**FACULDADE DE OCEANOGRAFIA**

---

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ANÁLISE DAS TEMPORADAS DE  
FURACÕES NOS ANOS DE 2015 A 2017  
NO ATLÂNTICO NORTE. (ESTUDO DE  
CASO)**

**Trabalho apresentado por:**

**IVANA PEREIRA DAMASCENO**

**Orientador: Prof. Dr. RENAN PEIXOTO ROSÁRIO**

**Instituto de Geociências, Faculdade de Oceanografia-UFPA**

---

**BELÉM – PARÁ**

**2018**

**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)

---

D155a Damasceno, Ivana Pereira.  
Análise das temporadas de furacões nos anos de 2015 a 2017 no Atlântico Norte. (estudo de caso) / Ivana Pereira Damasceno. — 2018.  
xvii,101 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Renan Peixoto Rosário  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Faculdade de Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

1. Furacões. 2. Atlântico Norte. 3. Costa. I. Título.

CDD: 551.502462388

---



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ANÁLISE DAS TEMPORADAS DE FURACÕES NOS  
ANOS DE 2015 A 2017 NO ATLÂNTICO NORTE.  
(ESTUDO DE CASO)**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO APRESENTADO POR:  
IVANA PEREIRA DAMASCENO**

**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Bacharel em  
OCEANOGRAFIA.**

**Data de Aprovação:** 13 /12 /2018.  
**Banca Examinadora:**

*Renan Peixoto Rosário*

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. RENAN PEIXOTO ROSÁRIO – Orientador  
Instituto de Geociências – UFPA

*Alexandre Casseb do Carmo*

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. ALEXANDRE CASSEB DO CARMO - Membro  
Instituto de Geociências – UFPA

*Aderson Manoel da Silva Gregorio*

\_\_\_\_\_  
MSc. Aderson Manoel da Silva Gregorio - Membro

Dedico esse trabalho aos meus avós Orlando e Benedita (in memoriam), com muito amor e saudade.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **Deus** que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitária, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

A **Universidade Federal do Pará** por ter se tornado a minha casa nesses 4 anos, por me oferecer a oportunidade de fazer este curso e tornar-me a oceanógrafa que sempre sonhei.

Ao meu orientador **Prof. Dr. Renan Peixoto Rosário** por me presentear com conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional sendo para mim um exemplo de profissional, por tanto que se dedicou a mim, não somente me ensinando, mas me fazendo aprender.

Aos companheiros de laboratório, **Matheus, Stella, Giulian e Lucas** pela amizade e pelo auxílio no desenvolvimento desse trabalho.

Aos meus pais, **Liliane e Ivanei**, por serem meus heróis e grandes exemplos de luta, batalhando por anos para proporcionar a melhor educação para os seus filhos, e por me darem apoio e incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço.

A minha tia **Lindiane** por todo amor, carinho e momento de descontração; e por sempre acreditar que eu poderia chegar aonde eu quisesse.

Aos meus avós **Orlando e Benedita** mesmo não estando presentes foram exemplos de força e caráter que me fizeram seguir em frente. Essa vitória sem dúvida é pra vocês.

As minhas primas **Nicole e Bianca** por serem meus potinhos de luz no meio da dificuldade.

Ao meu melhor amigo, **Luan Rezende**, que esteve comigo desde o começo comemorando minhas vitórias e ouvindo minhas murmuradas, por me proporcionar sorrisos e ter sempre o melhor abraço do mundo.

Aos amigos/irmãos **Aliny, Mayara e Julio**, que tive a oportunidade de conhecer na universidade e estiveram presentes durante toda essa trajetória me dando forças e me fazendo sorrir. Espero levar vocês pro resto da vida. É nós e depois de nós é nós de novo.

Ao meu grande amigo **Jones**, por todos os momentos de risos e ensinamentos sobre cartografia.

A quem não mencionei, mas esteve junto eu prometo reconhecer essa proximidade, ajuda e incentivo todos os dias da minha vida.

Por fim, agradeço ao **Universo** por ser essa coisa inconstante e me proporcionar a cada dia adquirir um novo conhecimento e uma nova descoberta. Go, Mundo!!!!

“Nada na vida deve ser temido, somente compreendido. Agora é hora de compreender mais para temer menos”

Marie Curie.

## RESUMO

Os furacões são vórtices profundos que ocorrem sobre águas tropicais ou subtropicais. Esses fenômenos causam danos a população costeira, depredando o patrimônio público, residências e chegando a provocar danos a vida humana. Logo, estudos fornecendo informações que auxiliem na diminuição das perdas de vidas e recursos são importantes. Este trabalho objetiva analisar a influência das temporadas de furacões na região Caribenha e sudeste dos Estados Unidos (EUA) no período de 2015 a 2017. Para aquisição de dados referentes as temporadas de furacões e o nível d'água durante os mesmos, foram utilizados os bancos de dados do Centro Nacional de Furacões (*National Hurricane Center*) e do NOAA *Tides & Currents*, respectivamente. Utilizando dados de SRTM (altimetria por satélite) e batimetria foram investigados os efeitos dos furacões sobre a região costeira. Foram obtidos dados de TSM (temperatura da superfície do mar) do banco de dados *NASA's OceanColor Web* para identificar a distribuição da temperatura ao decorrer dos anos na área de estudo. Foram elaborados mapas das trajetórias dos furacões que possibilitaram verificar as regiões afetadas. Os dados de nível d'água foram submetidos a teste estatístico (wavelet coherence) para verificar a coerências entre os dados previstos e observado. Além disso foram gerados gráficos com a diferença entre previsto e observado (previsto-observado) juntamente com dados do nível médio d'água de cada estação. Além disso, foi realizada uma revisão bibliográfica, para verificar a relação entre os eventos de El Niño e as temporadas de furacões no Atlântico Norte. Os resultados mostraram uma tendência de ocorrência de eventos mais extremos e com danos mais severos em ano de não El Niño (La Nina e neutro).

Palavras-chave: Furacões. Atlântico Norte. Costa.

## ABSTRACT

Hurricanes are deep vortices that occur over tropical or subtropical waters. These phenomena cause damage to the coastal population, depleting the public patrimony, residences and even causing damage to human life. Therefore, studies providing information that helps decreasing the loss of lives and resources are important. This paper aims to analyze the influence of hurricane seasons in the Caribbean and the United States' Southeastern region in the period from 2015 to 2017. For data acquisition regarding the hurricane seasons and the water level during them, *the National Hurricane Center and the NOAA Tides & Currents* databases were used respectively. Applying SRTM (satellite altimetry) and bathymetry data the effects of hurricanes on the coastal region were investigated. SST data (sea surface temperature) were obtained from the database of the *NASA's OceanColor Web* to identify the temperature distribution over the years in the study area. There was made the development of maps of the hurricanes' path that allowed verifying the affected regions. The water level data were submitted to statistical tests (wavelet coherence) to verify the consistency between the predicted and observed data. In addition, graphs were developed with the difference between predicted and observed (predicted-observed) along with data of the water level's average of each station. Furthermore, a bibliographic review was conducted to verify the relationship between El Niño events and hurricane seasons in the North Atlantic. The results have revealed a propensity of more extreme and harshest damage events occurring in non-El Nino (La Nina and neutral) years.

Keywords: Hurricanes. North Atlantic. Coast.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localização da Área de Estudo. Fonte: autor.....	6
Figura 2 - Localização climatológica da gênese (polígono cinza) e as principais trajetórias dos ciclones monitorados de 1950 a 2010. A linha em cor preta no centro das faixas verde, vermelho e azul representa a média e os cones são $\pm 1$ , erro padrão de longitude e latitude por dia. Fonte: Adaptado de Colbert & Soden (2012a)..	7
Figura 3 - Zonas de origem e trajetórias comuns durante a temporada de furacões do Atlântico Norte. Fonte: <a href="https://www.nhc.noaa.gov/climo/">https://www.nhc.noaa.gov/climo/</a> .....	8
Figura 4 - Escala Saffir-Simpson. Fonte: autor. ....	10
Figura 5 - Mapa das estações maregráficas e exemplo de estação. Fonte: <a href="https://tidesandcurrents.noaa.gov/stationhome.html?id=8722670">https://tidesandcurrents.noaa.gov/stationhome.html?id=8722670</a> .....	13
Figura 6 - Exemplo de tabela de informações referentes a cada ponto de marégrafo.....	15
Figura 7 - Série temporal dos níveis d'água, referente ao furacão Danny.....	18
Figura 8 - Série temporal dos níveis d'água, referente ao furacão Fred.....	20
Figura 9 - Série temporal dos níveis d'água, referente ao furacão Joaquin.....	22
Figura 10 - Série temporal dos níveis d'água, referente ao furacão Kate.....	24
Figura 11 - Série temporal dos níveis d'água, referente ao furacão Alex.....	26
Figura 12 - Série temporal dos níveis d'água, referente ao furacão Earl.....	28
Figura 13 - Série temporal dos níveis d'água, referente ao furacão Gaston.....	30
Figura 14 - Série temporal dos níveis d'água, referente ao furacão Hermine.....	32
Figura 15 - Série temporal dos níveis d'água, referente ao furacão Matthew.....	34
Figura 16 - Série temporal dos níveis d'água, referente ao furacão Nicole.....	36
Figura 17 - Série temporal dos níveis d'água, referente ao furacão Otto.....	38
Figura 18 - Série temporal dos níveis d'água, referente ao furacão Harvey.....	40
Figura 19 - Série temporal dos níveis d'água, referente ao furacão Irma.....	42
Figura 20 - Série temporal dos níveis d'água, referente ao furacão Jose.....	44

Figura 21 - Série temporal dos níveis d'água, referente ao furacão Katia.....	46
Figura 22 - Série temporal dos níveis d'água, referente ao furacão Lee .....	48
Figura 23 - Temperatura da Superfície do Mar mensal em 2015.....	50
Figura 24 - Temperatura da Superfície do Mar mensal em 2016.....	51
Figura 25 - Temperatura da Superfície do Mar mensal em 2017.....	52
Figura 26 - Mapa representando as anomalias do nível do mar no ano de 2015.....	54
Figura 27 - Mapa representando as anomalias do nível do mar no ano de 2016 .....	55
Figura 28 - Mapa representando as anomalias do nível do mar no ano de 2017.....	56
Figura 29 - Mapa contendo as trajetórias dos furacões de 2015 e as estações maregráficas, evidenciando a ocorrência dos furacões e seus estágios de evolução. ....	58
Figura 30 - Mapa contendo as trajetórias dos furacões de 2016 e as estações maregráficas, evidenciando a ocorrência dos furacões e seus estágios de evolução.....	61
Figura 31 - Mapa contendo as trajetórias dos furacões de 2017 e as estações maregráficas, evidenciando a ocorrência dos furacões e seus estágios de evolução. ....	63
Figura 32 - Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11 do furacão Danny/2015. ....	65
Figura 33 - Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11 do furacão Fred/2015.....	67
Figura 33 - Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11 do furacão Kate/2015. ....	69
Figura 34 - Análise de ondeletas de coerência dos pontos de 2 a 11 do furacão Joaquín/2015.....	71
Figura 35 - Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11 do furacão alex/2016. ....	73
Figura 36 - Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11 do furacão Earl/2016. ....	75

Figura 37 - Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11 do furacão Gastom/2016.....	77
Figura 38 - Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11 do furacão Hermine/2016. ....	79
Figura 39 - Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11 do furacão Matthew/2016.....	81
Figura 40 - Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11 do furacão Nicole/2016. ....	83
Figura 41 - Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11 do furacão Otto/2016.....	85
Figura 42 - Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11 do furacão Harvey/2017. ....	87
Figura 43 - Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11 do furacão Irma/2017. ....	89
Figura 44 - Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11, exceto P3, do furacão Jose/2017. ....	91
Figura 45 - Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 10 do furacão Katia/2017. ....	93
Figura 46 - Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11, exceto P3, do furacão Lee/2017.....	95

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Estações maregráficas no Atlântico.....	12
Tabela 2 - Análise dos furacões de 2015.....	16
Tabela 3 - Análise dos furacões de 2016.....	16
Tabela 4 - Análise dos furacões de 2017.....	17

**LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS**

ENSO -	El Nino Oscilação Sul.
ZCIT -	Zona de Convergência Intertropical.
TSM -	Temperatura da Superfície do Mar.
EUA -	Estados Unidos da América
NOAA -	National Oceanic and Atmospheric Administration
Lat -	Latitude
Lon -	longitude
SRTM -	Altimetria por satélite
Obs -	Observado
Prev -	Previsto

## SUMÁRIO

<b>DEDICATÓRIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	v
<b>EPÍGRAFE</b> .....	vii
<b>RESUMO</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	x
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xiii
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS</b> .....	xiv
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 OBJETIVO</b> .....	5
2.1 OBJETIVO GERAL .....	5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
<b>3 ÁREA DE ESTUDO</b> .....	6
<b>4 REFERENCIAL TEORICO.</b> .....	8
4.1 TEMPORADA DE FURACÕES.....	8
4.2 ESCALA SAFFIR- SIMPSON.....	9
4.3 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR. ....	10
<b>5 METODOLOGIA</b> .....	12
5.1 AQUISIÇÃO DE DADOS.....	12
5.2 TRATAMENTO DE DADOS.....	14
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	16
6.1 ANÁLISE DA ESCALA SAFFIR SIMPSON.....	16
6.2 NÍVEL ‘ÁGUA	17
<b>6.2.1 Ano de 2015.</b> .....	17
<b>6.2.2 Ano de 2016.</b> .....	25
<b>6.2.3 Ano de 2017.</b> .....	39
6.3 TEMPERATURA DA SUPERFICIE DO MAR. ....	49
6.4 SRTM. ....	53
6.5 TRAJETÓRIAS DOS FURACÕES.....	57
<b>6.5.1 Trajetórias em 2015.</b> .....	57
<b>6.5.2 Trajetórias em 2016.</b> .....	59
<b>6.5.3 Trajetórias em 2017.</b> .....	62
6.6 ONDELETAS.....	64
<b>6.6.1 Ano de 2015.</b> .....	64
<b>6.6.2 Ano de 2016.</b> .....	72
<b>6.6.3 Ano de 2017.</b> .....	86

<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	97
<b>REFENRÊCIAS</b> .....	100

## 1. INTRODUCAO

Os furacões, também chamados de ciclones tropicais ou tufões, são vórtices profundos que ocorrem sobre águas tropicais ou subtropicais, normalmente entre latitudes de 10° a 20° N e S. Nem todos os vórtices ciclônicos chegam a evoluir até formarem um furacão. Alguns continuam sendo simples centros ciclônicos migratórios, chamado tempestades tropicais, que terminam desaparecendo. Outros, no entanto, ganham velocidade e força, podendo transformar-se em furacões (Silva 2006). Uma tempestade tropical alcança o nível de furacão quando os ventos associados a mesma ultrapassam 119 Km/h (Atkinson & Gadd 1990).

Esses eventos são caracterizados pela forma organizada das tempestades (simetria), o diâmetro típico da ordem de 300 a 800 km, e mínimo de pressão no centro, região que apresenta céu claro e ventos fracos e é denominada de “olho do furacão” (Ahrens 2005). Verticalmente o vórtice ciclônico se estende, desde a superfície, até atingir a tropopausa. Ao nível médio do mar a pressão atmosférica, no olho do furacão, pode ser menor que 950mb (Nieuwolt 1977).

A existência dos furacões é condicionada por fatores como a alta temperatura da superfície água (TSM) acima de 27°C, alta umidade do ar e ventos no mesmo sentido na baixa Troposfera (até 2.000 metros de altitude) e na alta Troposfera (até 10.000 metros). A partir da influência dessas forçantes aglomerados de nuvens Cumulonimbus viajam, muitas vezes, milhares de quilômetros até se transformar em um furacão. Uma das rotas, em que essas nuvens se deslocam, se inicia na costa oeste da África, onde os aglomerados, empurrados pelos ventos Alísios, cruzam o Atlântico e atingem a escala de furacões no Caribe (Machado 2001).

A temporada oficial de furacões no Atlântico Norte ocorre durante 1° de junho e 30 de novembro. A maioria das tempestades tropicais (97-98%) é formada dentro desses meses, e tem seu ápice de formação no início de setembro, enquanto que as tempestades de julho e novembro tende a ser mais rasas. A distribuição desses eventos é modulada pela evolução do ambiente tropical em que as tempestades são geradas, com as condições mais propícias que ocorrem tipicamente no início de setembro, coincidindo com o pico na frequência de eventos. Essas condições ambientais incluem a TSM, cisalhamento vertical do vento, vorticidade de baixo nível (uma medida da rotação local de ventos de baixa intensidade) e umidade relativa (Mcbride & Zehr 1981).

Embora uma grande proporção da atividade de furacões esteja diretamente relacionada às condições termodinâmicas locais (Goldenberg *et al.* 2001, Saunders & Lea 2008), uma considerável porção é controlada de forma indireta pela dinâmica oceano-atmosfera em larga escala (como a anomalia El Niño Oscilação Sul: ENSO) afetando mudanças em circulações de grande escala em escalas de tempo decadais e interanuais (Bell & Chelliah 2006, Elsner 2003, Gray 1984, Goldenberg *et al.* 2001, Kim *et al.* 2009, Kossin & Vimont 2007, Kossin *et al.* 2010).

O fenômeno El Niño-Oscilação Sul tem como fases a La Niña e o El Niño, que são termos referentes a fases fria e quente das temperaturas oceânicas no Oceano Pacífico Leste e central ao largo da costa da América do Sul (Glantz 2000). El Niño e La Niña ocorrem quando a temperatura da superfície do mar na região do Pacífico é maior ou igual a  $0,5^{\circ}\text{C}$  mais quentes e mais frias, respectivamente, que as médias de longo prazo durante agosto, setembro e outubro (ASO) (Trenberth 1997). Previsões confiáveis sobre o início e o desenvolvimento do ENSO mostram associação com anomalias climáticas em todo mundo, através de teleconexões. (Glantz *et al.* 1991).

A fase quente do ENSO (El Niño) afeta grandemente a atividade de furacões em diversas partes do mundo, causando diminuição da atividade ciclônica em algumas regiões (Atlântico, noroeste do Pacífico a oeste de  $160^{\circ}\text{E}$ , e na região australiana) (Nicholls 1979, Revelle & Goulter 1986, Gray 1984a); e aumento em outras regiões (Pacífico Norte perto do Havaí, Pacífico Sul e noroeste do Pacífico entre  $160^{\circ}\text{E}$  e a linha internacional de data) (Chan 1985, Chu & Wang 1997, Lander 1994).

O ENSO afeta a atividade de furacões no Atlântico através de mudanças na circulação atmosférica, em grande parte através do perfil vertical de cisalhamento do vento; que durante anos de El Niño se apresenta maior, devido ao aumento dos ventos climatológicos de oeste na alta troposfera (Gray 1984<sup>a</sup>, Shapiro 1987). O aumento do cisalhamento vertical do vento provoca no Atlântico uma redução na atividade de furacões e tempestades tropicais. Goldenberg & Shapiro (1996) observaram maior sensibilidade a mudanças no cisalhamento vertical na região do Atlântico entre  $10^{\circ}$  e  $20^{\circ}\text{N}$ . Os estudos de Bove *et al.* (1998) mostraram que a probabilidade de pelo menos um furacão atingir os Estados Unidos em anos de El Niño é de 23%, em anos neutros é de 58% e em anos de La Niña é de 63%.

O índice NINO3.4 é um dos vários indicadores El Niño / ENSO baseados nas anomalias de temperaturas da superfície do mar. NINO3.4 é a anomalia média da temperatura da superfície do mar na região limitada por 5 ° N a 5 ° S, de 170 ° W a 120 ° W. Esta região tem grande variabilidade nas escalas de tempo do El Niño, e está próxima da região onde as mudanças na temperatura local da superfície do mar são importantes para a mudança da grande região de chuvas, normalmente localizada no extremo oeste do Pacífico (Trenberth e NCAR 2018)

O evento El Niño de 2015/2016 se desenrolou logo após a comunidade pública e científica ter antecipado um intenso El Niño em 2014 (Mcphaden 2015, Santoso *et al.* 2015). De acordo com o Índice NINO3.4, o El Niño 2015/2016 registrou um valor comparável, se não mais forte, que os eventos extremos anteriores de El Niño (L'Heureux *et al.* 2017)

Segundo Noji (2000), os desastres naturais atingiram em torno de 800 milhões de pessoas nos últimos 20 anos e serão cada vez mais graves no futuro. Os furacões estão entre os eventos mais nocivos em termos de perdas humanas, ocupando o topo da lista entre as maiores catástrofes naturais já registradas. Os seus ventos causam enormes danos às edificações, cabos elétricos e telefônicos, à vegetação, residências e às vidas humanas. Outro dos perigos é a agitação do mar causada pelo vento e as ondas que invadem áreas costeiras baixas causando grandes inundações (Machado 2001).

Os furacões que ocorrem sobre o Atlântico Norte, costumam ser dos mais violentos do planeta, apresentando as categorias mais elevadas (Mazeto 2000), além de serem capazes de produzir enormes danos sociais, econômicos e ambientais nos países adjacentes e até mesmo efeitos duradouros no clima global. Como foi o caso do furacão Katrina, formado durante a temporada de furacões recorde do Atlântico em 2005 e definido como o desastre natural mais caro da história dos Estados Unidos, com perda total de propriedade de US\$ 108 bilhões e 1245 mortes devido aos fortes ventos e subsequentes inundações (Knabb *et al.* 2015).

Como consequência do aumento na atividade de furacões do Atlântico Norte nas últimas décadas (Emanuel 2005, Landsea 2005, Webster *et al.* 2005, Holland & Webster 2007) e do aumento da população costeira (Pielke & Landsea 1998), tem havido uma demanda crescente por previsões da atividade de furacões que chegam a atingir a região continental.

O estudo de Pielke & Landsea (1999) sugere que a probabilidade de perdas superiores a US\$ 1 bilhão é significativamente diferente dependendo da fase do ciclo ENSO. O dano médio por tempestade dos anos do El Niño é US \$ 800 milhões contra US \$ 1600 milhões em anos de La Niña. Isso pôde ser observado no El Niño de 1997-1998, onde ocorreu uma redução da atividade de furacões e as perdas foram mínimas (US\$ 100 milhões). Vale ressaltar que isso não significa que em anos de El Niño não ocorram furacões, grandes perdas podem ocorrer durante qualquer ano, e a experiência tem mostrado que a sociedade geralmente não está preparada para impactos de furacões (Pielke & Pielke 1997).

Dessa forma, estudos que forneçam informações a respeito desses fenômenos de larga escala que ocorrem no Atlântico Norte são importantes no sentido de auxiliar a minimizar perdas de vidas e de recursos, uma vez, que os mesmos causam impactos severos a população e atividades econômicas dessas regiões. Assim, o presente trabalho tem como foco a análise dos efeitos das temporadas de furacões nas variações de nível do mar na região do Norte do Caribe e sudeste dos Estados Unidos no período de 2015 a 2017, assim como sua relação com os eventos de El Niño.

Este trabalho está estruturado em 8 capítulos, sendo o primeiro de caráter introdutório contendo informações gerais sobre as temporadas de furacões e justificativa. No segundo capítulo serão descritos o objetivo geral e os objetivos específicos. O terceiro capítulo aborda as características gerais da área de estudo. O quarto, tratará do referencial teórico utilizado neste trabalho. A metodologia utilizada encontra-se descrita no quinto capítulo. Os resultados e a discussão estão descritos no sexto capítulo. O sétimo capítulo apresentará às considerações finais. E por fim, o oitavo capítulo apresentará as referências bibliográficas.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

- Analisar a influência das temporadas de furacões nas variações de nível do mar na região do norte do Caribe e sudeste dos Estados Unidos no período de 2015 a 2017.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar de que forma os eventos de El Niño atuam sobre as temporadas de furacão no Atlântico Norte;
- Quantificar os furacões que atingiram a região caribenha e Flórida no período de 2015 a 2017;
- Verificar o efeito, na variação do nível do mar, causados pela passagem dos furacões nas ilhas do caribe e nas regiões costeiras da Florida (Golfo do México e Atlântico).

### 3 ÁREA DE ESTUDO

O oceano Atlântico é o segundo maior oceano em extensão, com área total de 160,4 milhões de km<sup>2</sup> e profundidade média de 3300 metros, este oceano é dividido em duas partes, Atlântico Norte e Atlântico Sul, adotando como referência a linha do Equador (NOAA 2006).

O presente estudo tem como foco a porção norte do oceano Atlântico, mais precisamente entre latitude 20° a 50° e longitude -100° a 0, representada pelo polígono vermelho. (Figura 1)

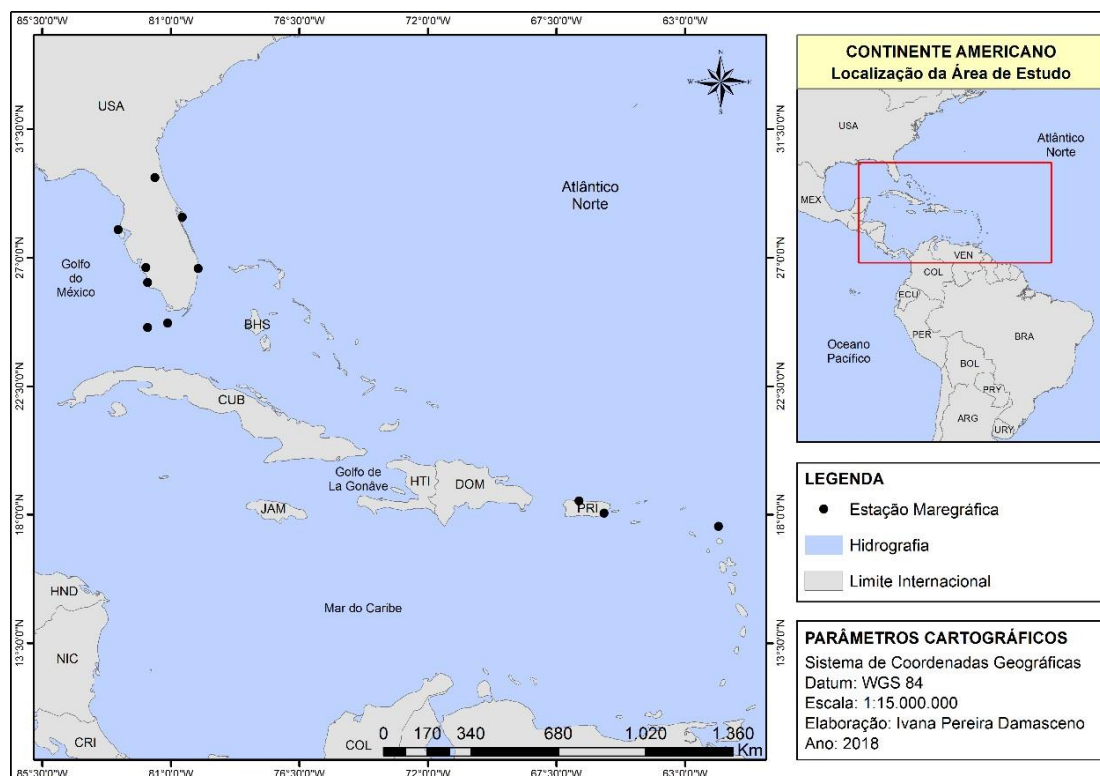


Figura 1- Mapa da área de estudo. Fonte: autor

A precipitação sobre a região subtropical do Oceano Atlântico apresenta variação de 10 cm/ano nos subtrópicos, com mínima perto de Santa Helena e as ilhas de Cabo Verde, e mais de 200 cm/ano nos trópicos. A região de maior precipitação segue a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) em faixa estreita ao longo de 5°N. A média anual de TSM sobre a maior parte da região apresenta valores superiores a 27,0°C.

Sobre o oceano Atlântico Norte ocorrem a maioria dos furacões formados na região tropical, a quantidade de furacões na bacia do Atlântico Norte se mostra bem variável entre os anos, estando diretamente relacionadas as condições atmosféricas e oceânicas que atuam sobre a área.

Colbert & Soden (2012a) realizaram estudos sobre ciclones tropicais no Atlântico entre 1950 & 2010, e classificaram 3 categorias de furacões segundo a sua trajetória; os que apresenta movimento direto, permanecendo durante o percurso abaixo de 25°N e ultrapassam 80°W, chegando ao Golfo do México e ao Mar do Caribe; os que ultrapassam 65°W e 40°N, ameaçando a costa leste dos EUA ; e os que desde sua formação segue em direção as latitudes mais altas e não ameacem a zona costeira (Figura 2)

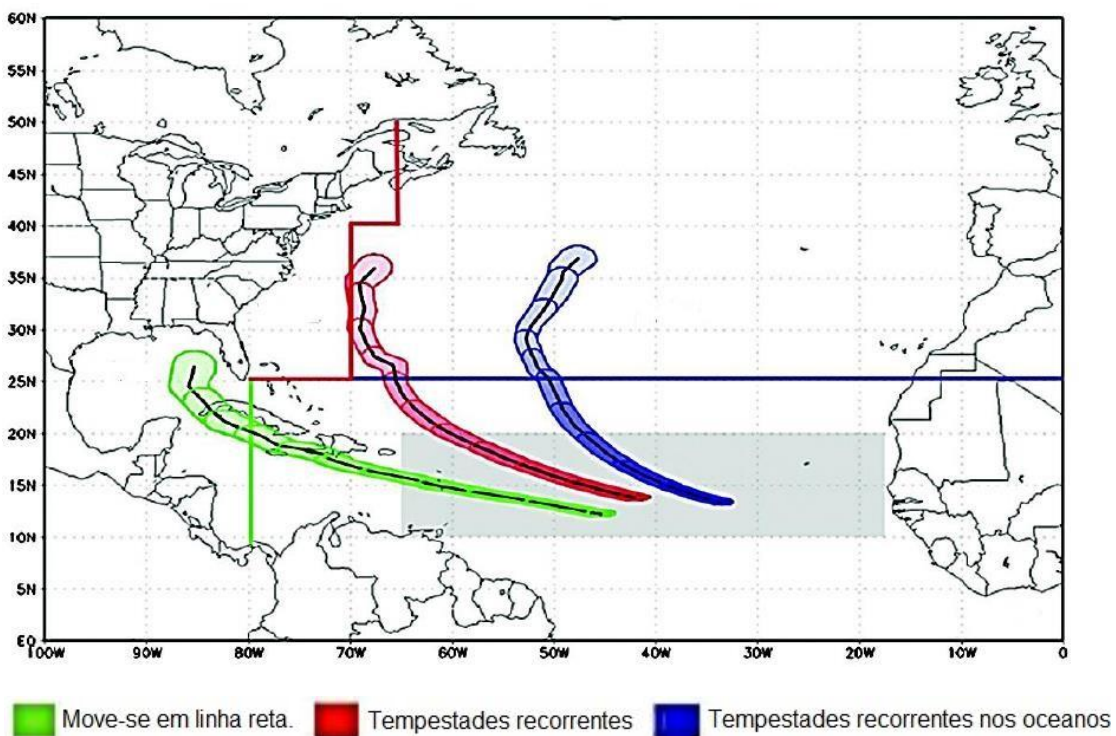


Figura 2 -Localização climatológica da gênese (polígono cinza) e as principais trajetórias dos ciclones monitorados de 1950 a 2010. A linha em cor preta no centro das faixas verde, vermelho e azul representa a média e os cones são  $\pm 1$ , erro padrão de longitude e latitude por dia. Fonte: Adaptado de Colbert & Soden (2012a)

## 4. REFERENCIAL TEORICO

### 4.1 TEMPORADA DE FURACÕES

De acordo com a Divisão de Pesquisa de Furacões da NOAA (2016), a temporada de furacões no Atlântico Norte ocorre entre 1 de junho e 30 de novembro, período no qual é verificada a maior ocorrência de furacões (97%), no entanto podem ocorrer furacões inesperados fora desse período.

A atividade máxima é registrada no início de setembro. No entanto já foram registrados, em alguns anos, ciclones tropicais ocorrendo fora desse período, principalmente em maio e dezembro.

A determinação da temporada de furacões do Atlântico é baseada em dados de 30 anos (1981-2010), esse período é utilizado como base das médias da temporada de furacões e as classificações de força por representar de forma mais precisa a capacidade de identificar sistemas relativamente fracos e de curta duração que passaram despercebidos no início do registro (Landsea *et al.* 2010).

Durante esse período de 30 anos, as temporadas de furacões tiveram média de ocorrência de 12,1 tempestades, sendo que 6,4 deles evoluíram e se tornaram furacões com velocidade de pelo menos 119 km, e 2,7 evoluíram tornando-se grandes furacões com velocidade de pelo menos 178 km/h (Centro de Previsões Climaticas 2017).

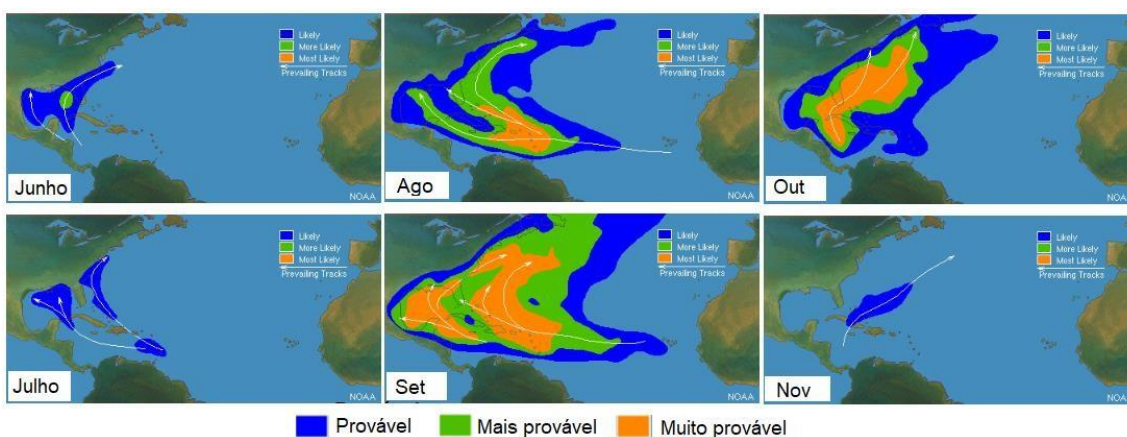


Figura 3- Zonas de origem e trajetórias comuns durante a temporada de furacões do Atlântico Norte. Fonte: <https://www.nhc.noaa.gov/climo/>.

## 4.2 ESCALA SAFFIR-SIMPSON

Criada em 1969, pelo engenheiro civil Herbert Saffir e pelo meteorologista Robert Simpson, a escala Saffir-Simpson mede a intensidade dos ventos dos furacões, classificando-os em 5 categorias, e estimando os potenciais riscos de danos durante a ocorrência de furacões (Figura 3). A classificação das categorias é estimada através da velocidade do vento mantida durante 1 minuto.

A categoria 1 refere-se a furacões com ventos de 119 a 153 km/h, as ondas provocadas por sua tempestade têm elevação entre 1,3 a 1,5m acima do nível normal, essa categoria apresenta menores riscos como queda de árvores, alagamentos próximos a costa, alguns desmoronamentos e remoção de telhas.

A categoria 2 apresenta ventos de 154 a 177 km/h, as ondas provocadas podem alcançar até 2,45m acima do nível normal. Os furacões dessa categoria podem causar risco substancial de ferimentos ou morte a pessoas e queda de detritos. Além de poder destruir casas mais antigas e causar a queda de árvores, bloqueando estradas e provocando a perda de energia e água potável.

A Categoria 3 está associada a ventos de 178 a 209 km/h, provocando ondas de até 3,7m. Os riscos dessa categoria de furacões envolvem danos a estrutura de pequenas residências, árvores de grande porte sendo arrancadas, destruição de trailers e outdoors, além de poder arrastar pequenas propriedades próximas a costa.

A Categoria 4 apresenta ventos de 210 a 249 km/h, as ondas formadas podem alcançar 5,5 metros. Os danos provocados por esses furacões vão desde destelhamento completo em pequenas residências e destruição de completa de trailers a inundações de área de até 3m acima do nível médio do mar, necessitando de evacuação das áreas residenciais distantes até 10 km da costa.

A Categoria 5 é o nível máximo da escala e representa os furacões com ventos maiores que 249 km/h, esses ventos provocam ondas acima de 5,5m. E apresenta severos danos como destelhamento total da maioria das casas e prédios industriais, deslocamento de algumas casas, destruição de todas as árvores e outdoors, grande inundações em áreas baixas localizadas a menos de 4,5 metros acima do nível médio do mar, necessitando de evacuação total de áreas até 16 km da costa.

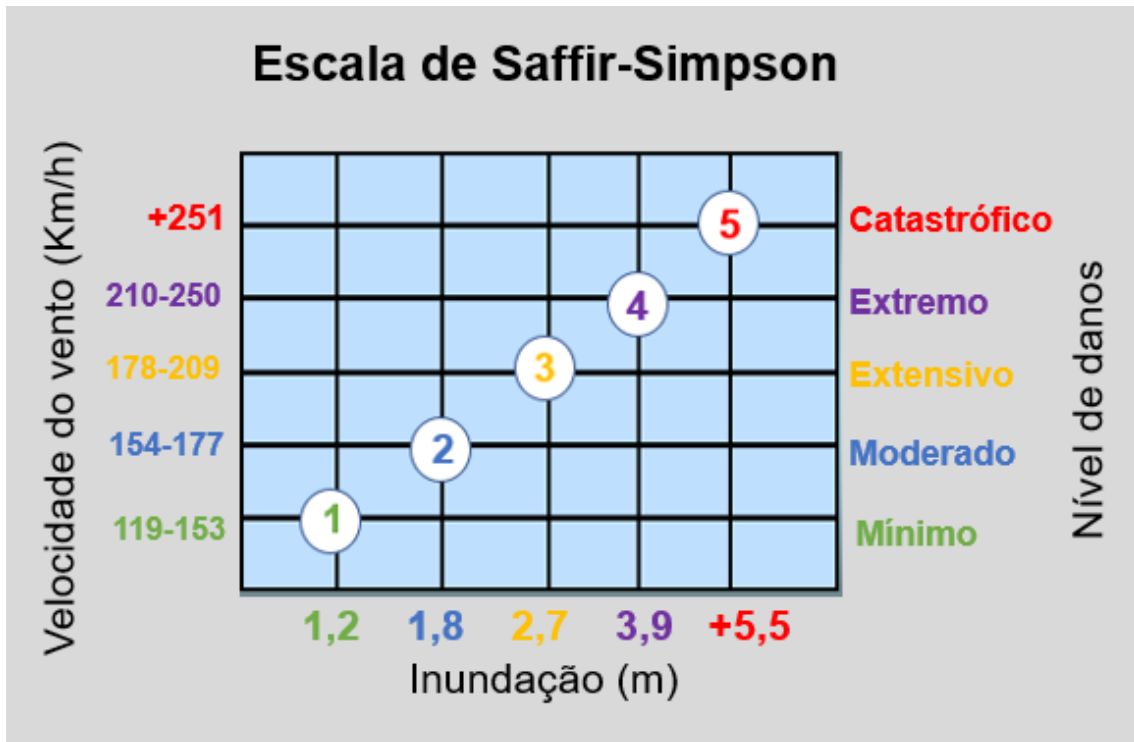


Figura 4: Escala Saffir-Simpson. Fonte: autor.

#### 4.3 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR

A temperatura da superfície do mar é um importante parâmetro para os estudos meteo-oceanográficos. Sendo responsável, verticalmente, pela troca de calor entre o oceano e atmosfera, além de promover, horizontalmente, processos de trocas internas de energia no oceano, originando correntes marinhas (Carvalho *et al.* 2008). A partir dessas relações, a TSM pode indicar a situação do tempo meteorológico e do clima global.

São realizados muitos estudos em busca de padrões de TSM que variam em escala espacial e temporal, para assim obter melhor entendimento dos processos de instabilidade dinâmica das correntes oceânicas, que geram meandros, vórtices e ressurgências, influenciando tanto nos processos físicos como nos processos biológicos (Araujo 2002).

A medições de TSM podem ser feitas de 2 formas, in situ através de navios e boias e remotamente através de satélites. As medições in situ apresentam problemas como a limitação de coleta de dados simultaneamente. Os dados coletados por satélites tem sido cada vez mais utilizados por possibilitar a geração de dados multiespectrais com alta resolução espacial e temporal (Hochleitner *et al.* 2005).

De acordo com Hastenrath(1984), a variabilidade interanual de TSM sobre o Atlântico é modulada pelo ciclo anual de aquecimento solar, assim, há uma variação da temperatura em função da latitude , no qual são observados os valores máximos na região Equatorial(28° a 29° C) em direção aos polos.

## 5. METODOLOGIA

Foi desenvolvido um levantamento bibliográfico no que concerne a área de estudo, apresentando assim dados referentes a coletas in situ e dados obtidos através de sensoriamento remoto e modelagem numérica. Neste tópico será descrita a metodologia utilizada para a análise e obtenção de dados.

### 5.1 AQUISIÇÃO DE DADOS

Registros das temporadas de furacões de 2015 a 2017 foram obtidos a partir do banco de dados do Centro Nacional de Furacões (*National Hurricane Center<sup>1</sup>-NHC*). Este banco de dados oferece informações que incluem nome, período e região (Latitude e Longitude) pelo qual os mesmos percorreram.

Em seguida, foram obtidos dados de nível da água do mar no banco de dados do *NOAA Tides & Currents<sup>2</sup>*. Por conseguinte, optou-se por utilizar os dados referentes ao período de ocorrência efetiva desses eventos além de 7 dias antes e depois de sua ocorrência, em 11 estações maregráficas (Figura 4) distribuídas no Atlântico Norte (Tabela 1).

Tabela 1: Estações maregráficas no Atlântico.

Estação/Ponto	Lat(°W) Lon(°N)		Nível médio d'água(m)	Nível mínimo d'água(m)	Nível máximo d'água(m)	Local
	Barbuda/Ponto 1	17.591	61.82	0.185	-0.177	0.320
Yabucoa/Ponto 2	18.055	65.833	0.204	-0.234	0.277	Porto Rico
Arecibo/Ponto 3	18.48	66.701	0.377			Porto Rico
Key West/Ponto 4	24.555	81.808	0.390	-0.506	0.954	Flórida
Vaca Key/Ponto 5	24.711	81.106	0.216	-0.320	1.765	Baia da Florida
Naples/Ponto 6	26.131	81.806	0.612	-0.884	1.225	Golfo do México (FL)

<sup>2</sup> [www.nhc.noaa.gov/](http://www.nhc.noaa.gov/)

<sup>2</sup> [www.tidesandcurrents.noaa.gov/](http://www.tidesandcurrents.noaa.gov/)

<sup>3</sup> [www.oceancolor.gsfc.nasa.gov/](http://www.oceancolor.gsfc.nasa.gov/)

Fort Myers/Ponto 7	26.648	81.87	0.286	-0.871	1.036	Rio Caloosahatchee(FL)
Clearwater Beach/Ponto 8	27.978	82.831	0.582	-0.783	1.219	Flórida
Lake Worth						
Pier/Ponto 9	26.613	80.035	0.829	-0.527	0.612	Oceano Atlântico (FL)
Trident Pier/Ponto 10	28.415	80.593	1.033	-0.576	1.213	Porto Canaveral (FL)
Racy Point/Ponto 11	29.8	81.55	0.347	-0.378	1.356	Rio St Johns (FL)

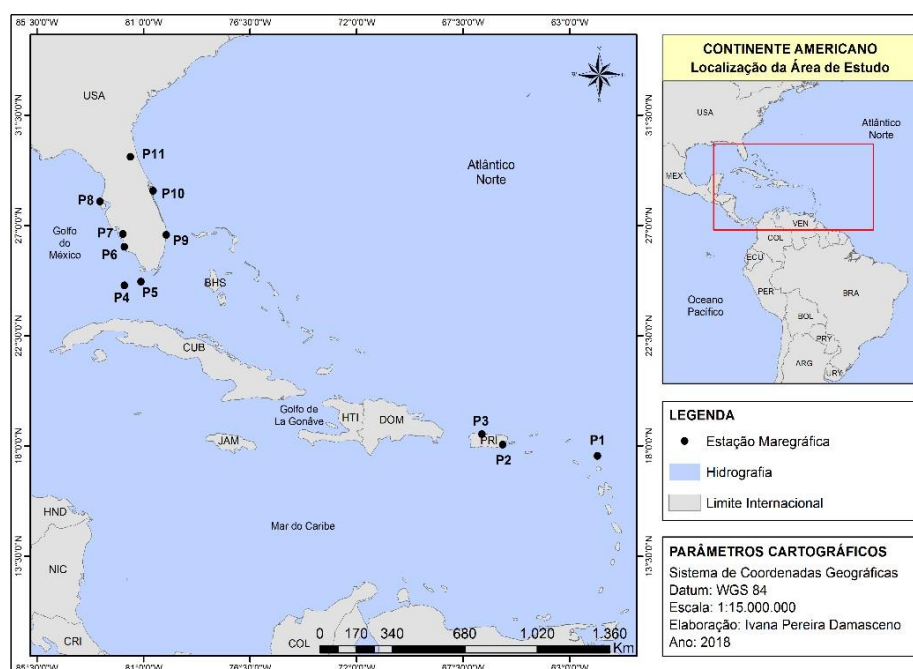


Figura 5- Mapa das estações maregráficas e exemplo de estação. Fonte:  
<https://tidesandcurrents.noaa.gov/stationhome.html?id=8722670>.

Através do banco de dados *NASA's OceanColor Web*<sup>3</sup>, foram encontrados dados mensais de TSM (temperatura superficial do mar) com resolução espacial de 4 Km, dos anos de 2015 a 2017. Foram selecionados dados de nível 3, medidos pelo sensor *MODIS-Aqua*. Esses dados são variáveis geofísicas, no caso SST(TSM), que foram agregadas e projetadas em grade espacial e período pré-definidos. Foram baixados os arquivos do tipo SMI (Imagem Mapeada Padrão), que são produtos dos dados de nível 3, esses arquivos contêm grade da projeção placa *Carrée*, registrada em pixels de valores flutuantes do parâmetro geofísico de interesse.

A investigação dos efeitos dos furacões sobre a região costeira foi realizada a partir da análise das áreas de atuação do nível do mar, utilizando dados mensais de SRTM - altimetria por satélite (Shuttle Radar Topography Mission) e batimetria; que indicaram se na região, durante a passagem do furacão, ocorreu elevação (anomalia positiva) ou rebaixamento do nível do mar (anomalia negativa). Esses dados foram obtidos através do bando de dados *NOAA Tides & Currents*.

## 5.2 TRATAMENTO DE DADOS

Foram elaborados gráficos de dispersão referentes a diferença entre os dados de nível de água observado e previsto (observado – previsto) nas estações maregráficas; além disso, foi realizada uma comparação com os níveis d'água médios de cada estação (Figura 6). A partir disso foi possível averiguar o efeito dos furacões sobre as ilhas localizadas na região caribenha e na costa da Flórida, indicando qual região, em qual período e por qual furacão foi afetada, além de analisar o comportamento do nível do mar durante a passagem do furacão.

Também foi realizada uma análise de ondeletas de coerência com os dados de nível de água previsto e observado para verificar a compatibilidade entre os mesmos. A transformada de ondeletas é uma função matemática que decompõe uma informação contida em uma serie temporal, tanto em tempo quanto em espaço, isso se apresenta como uma vantagem sobre a análise de Fourier, por poder ser utilizada na investigação de fenômenos não estacionários, que são os fenômenos cujo as series temporais variam ao longo do tempo( Morettin 1999).

O termo ondeletas é referente a um conjunto de funções matemáticas com forma de ondas pequenas geradas por dilatações e translações de uma função simples  $\psi(t)$  de variável real  $t$ , chamadas de ondeleta-mãe e suas funções derivadas chamadas ondeletas filhas ou simplesmente ondeletas.

Os espectros de ondeletas são representados utilizando uma escala de cores referente a sua magnitude de coerência. Essa escala varia de tons de azul escuro ao claro a medida que cresce a magnitude do espectro até amarelo, sendo que o valor 0 (zero) representa ausência de coerência entre as séries e 1 (um) representa a coerência máxima entre as séries. Vale destacar que as setas contidas no gráfico de ondeletas representam se as séries estão em fase (orientadas para a direita da figura) ou fora de fase (orientadas

para a esquerda da figura). Representado por uma linha preta e grossa existe o chamado Cone de influência, no qual os dados que se encontram abaixo desta linha são considerados inválidos, por estarem sujeitos a erros estatísticos.

Neste trabalho optou-se por utilizar ondeletas de coerência, segundo Torrence e Webster (1998). O nível de significância estatística das ondeletas de coerência é estimado usando métodos de Monte Carlo. A estimativa de nível de significância de Monte Carlo requer uma ordem de 1000 pares de conjuntos de dados substitutos.

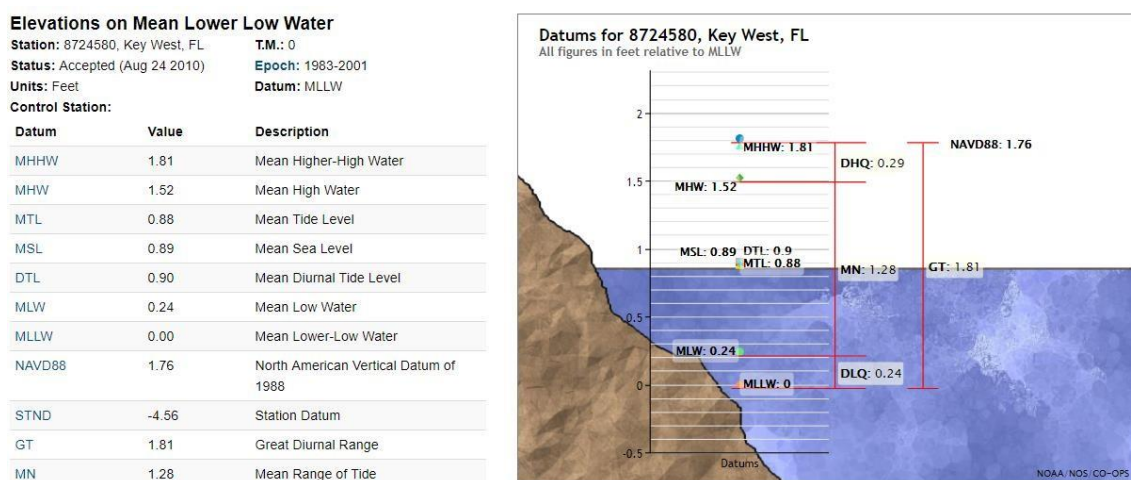


Figura 6- Exemplo de tabela de informações referentes a cada ponto de marégrafo.

Com o software Matlab foi utilizada a função “*ncread*” para ler as variáveis na fonte de dados NetCDF, formato em que os dados de TSM estavam, com o arquivo aberto foi utilizada a função “*find*” para recortar a latitude ( $-20^{\circ}$  a  $50^{\circ}$ ) e longitude ( $-100^{\circ}$  a  $0$ ) da área de interesse. A partir disso foram desenvolvidos gráficos mensais de TSM (temperatura superficial do mar) dos anos de interesse, possibilitando assim a observação da distribuição da temperatura superficial do mar ao longo do Atlântico Norte e verificar sua relação com a ocorrência e trajetória dos furacões.

Utilizando o software ArcGIS 10.3 foram produzidos mapas das trajetórias dos furacões de cada ano, para assim quantificar os que atingiram a região caribenha e Flórida, e facilitar a visualização das regiões afetadas.

A escala Saffir-Simpson foi utilizada para classificar a intensidade de cada furacão que ocorreu no período estudado.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 ANÁLISE COM A ESCALA SAFFIR-SIMPSON

Pode-se observar que o ano de 2016 apresentou a maior quantidade de furacões, total de 7. Seguido de 2017, com ocorrência registrada de 5 furacões. E apresentando a menor quantidade de furacões, 2015, com ocorrência de apenas 4 furacões.

Em relação as categorias da escala alcançadas durante os anos, serão considerados de grande intensidade os furacões que apresentaram categorias acima de 3 da escala Saffir-Simpson. Em 2015, 2 furacões apresentaram categorias elevadas, Joaquin com categoria 4 e Danny com categoria 3 (Tabela 2). Em 2016, Matthew alcançou o máximo da escala Saffir-Simpson sendo considerado furacão de intensidade 5, seguido por Nicole com categoria 4 e por último Gaston e Otto com categoria 3 (Tabela 3). No ano de 2017, dos 5 furacões registrados 4 foram de grande intensidade, sendo Irma de categoria 5, Harvey e Jose de categoria 4 e Lee de categoria 3 (Tabela 4).

Em todos os anos os furacões se iniciaram a partir de agosto, exceto o furacão Alex em 2016, que teve ocorrência registrada em janeiro. Em relação ao tempo de duração dos furacões, em 2015 apresentara média de 7 dias, seguida de 2016 com média de 9 dias e com maior tempo de duração 2017 com média de 15 dias.

Tabela 2- Análise dos furacões de 2015.

2015		
Nome	Data	Categoria(Saffir-Simpson)
Furacão Danny	18 – 24 Agosto	3
Furacão Fred	30 Agosto – 6 Setembro	2
Furacão Joaquin	28 Setembro – 7 Outubro	4
Furacão Kate	8 – 11 Novembro	1

Tabela 3- Análise dos furacões de 2016.

2016		
Nome	Data	Categoria(Saffir-Simpson)
Furacão Otto	20 – 26 Novembro	3
Furacão Nicole	4 – 18 Outubro	4

Furacão Matthew	28 Setembro – 9 Outubro	5
Furacão Hermine	28 Agosto – 3 Setembro	1
Furacão Gaston	22 Agosto – 2 Setembro	3
Furacão Alex	12 – 15 Janeiro	2
Furacão Earl	2 – 6 Agosto	1

Tabela 4- Análise dos furacões de 2017.

<b>2017</b>		
Nome	Data	Categoria(Saffir-Simpson)
Furacão Harvey	17 Agosto – 1 Setembro	4
Furacão Irma	30 Agosto – 12 Setembro	5
Furacão José	5–22 Setembro	4
Furacão Kátia	5 – 9 Setembro	2
Furacão Lee	14–30 Setembro	3

## 6.2 NIVEL D'ÁGUA

### 6.2.1 Ano de 2015

- **Furacão Danny**

O furacão Danny teve ocorrência registrada de 18 a 24 de agosto e foi realizada a análise de uma serie temporal de 10 de agosto a 1 de setembro. Esta análise mostrou que o ponto situado em Barbuda durante quase toda a série sofreu rebaixamento com máximo de 0,2m abaixo do nível médio, após a passagem do furacão houve uma elevação do nível d'água alcançando 0,05m acima do nível médio. Foi observado comportamento semelhante no P2, localizado em Porto Rico, com elevação de 0,15 m no mesmo período. O P3, também em Porto Rico, durante toda serie apresentou níveis d'agua abaixo da média, com rebaixamento de até 0,4m.

Os níveis d'água nos pontos da margem oeste da Florida em sua maioria apresentaram rebaixamento alcançando até 0,8m, os únicos pontos dessa margem que apresentaram elevação foram P5 e P7 com elevação máxima de 0,1m. Entre os pontos da margem leste da Florida, durante toda a série houve rebaixamento com máximo de 1,2m (Figura 7).

# Furacão Danny

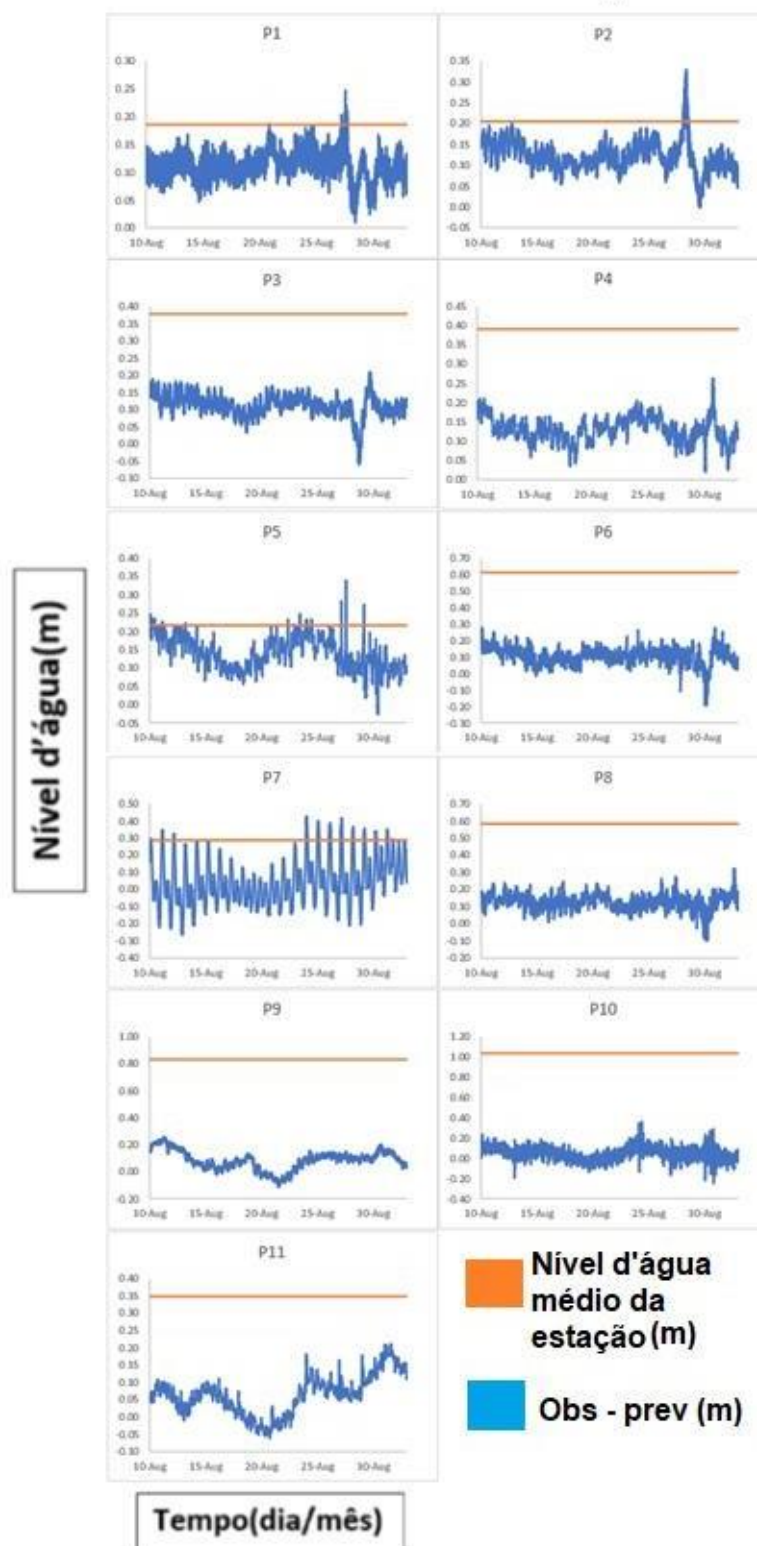


Figura 7- Série temporal da diferença entre os níveis observados e previstos, referente ao furacão Danny.

- **Furacão Fred**

O furacão Fred ocorreu de 30 de agosto a 6 de setembro e a partir da análise de uma série temporal de 23 de agosto a 13 de setembro foi possível constatar que o ponto situado em Barbuda (P1) durante a maior parte da série sofreu rebaixamento com máximo de 0,2m e pouco antes da ocorrência de Fred houve uma elevação de até 0,05m acima do nível médio.

No ponto de Porto Rico (P2), ocorreu um comportamento semelhante ao ponto P1, com elevação de 0,15m antes da ocorrência de Fred, enquanto que P3 durante toda a série apresentou rebaixamento, no qual os níveis d'água chegaram a alcançar 0,7m abaixo do nível médio.

Além disso, foi possível observar que nos pontos da margem oeste da Florida houve predominância de rebaixamento apresentando até 0,8m abaixo do nível do mar, ocorrendo elevação apenas em P5, no qual antes da passagem do furacão alcançou 0,12m acima do nível médio. Entre os pontos da margem leste da Florida houve rebaixamento durante toda a série, chegando a apresentar até 1,5m abaixo do nível médio (Figura 8).

# Furacão Fred

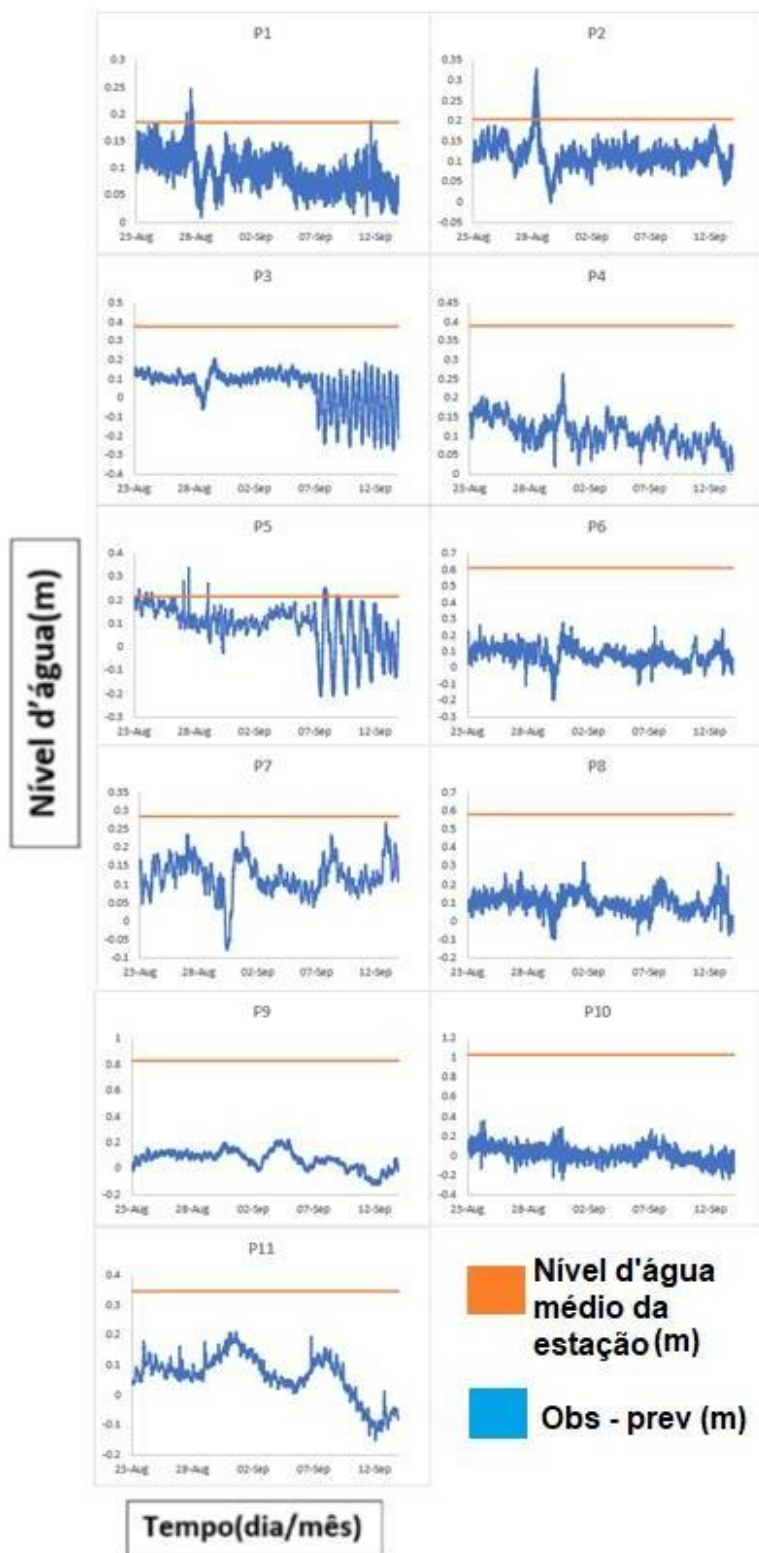


Figura 8- Série temporal da diferença entre os níveis observados e previstos, referente ao furacão Fred.

- **Furacão Joaquin**

O furacão Joaquin ocorreu de 28 de setembro a 7 de outubro e foi analisada uma série temporal de 28 de setembro a 7 de outubro. Esta análise mostrou que nos pontos situados em Porto Rico houve rebaixamento do nível d'água, com máximo de 0,3m durante toda a série, exceto por um pequeno intervalo no P2 durante a ocorrência de Joaquin, no qual o nível d'água elevou e alcançou o nível médio d'água.

Entre os pontos da margem oeste da Florida, houve predominância de rebaixamento, com máximo de 0,65m abaixo do nível médio, os únicos pontos que apresentaram elevação foram P5 e P7, durante a ocorrência do furacão, com elevação máxima de 0,2m.

Em relação aos pontos da margem leste da Florida, P9 e P10 apresentaram rebaixamento durante toda a série, com máximo de 1m; enquanto que em P11 os níveis d'água apresentaram grande variação durante a série, alcançando as maiores elevações de até 0,15m durante a passagem de Joaquin, e rebaixamento máximo de 0,35m (Figura 9).

# Furacão Joaquin

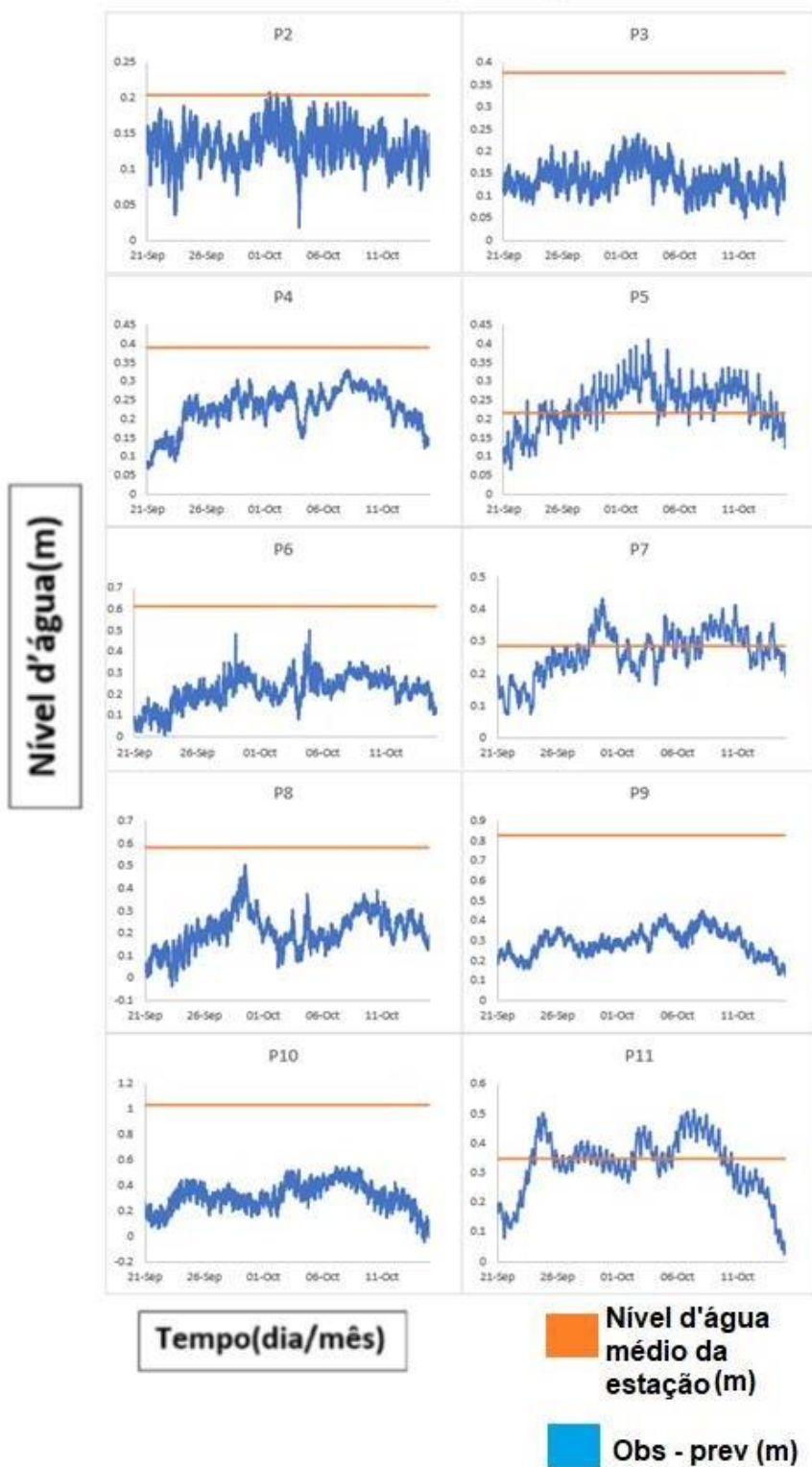


Figura 9- Série temporal da diferença entre os níveis observados e previstos, referente ao furacão Joaquin.

- **Furacão Kate**

O furacão Kate foi registrado de 8 a 11 de novembro e foi realizada a análise de uma série temporal de 1 a 18 de novembro. A partir disso constatou-se que houve rebaixamento do nível d'água durante quase toda a série nos pontos situados em Porto Rico, com rebaixamento máximo de 0,4m, exceto por uma pequena elevação que ocorreu antes da passagem do furacão no P2, fazendo com que o nível d'água alcançasse o nível médio para o ponto.

Entre os pontos da margem oeste da Florida foi observada a predominância de rebaixamento, alcançando o máximo de 0,7m abaixo do nível médio, os únicos pontos que se apresentaram elevação foram P5 e P7, no entanto a elevação foi de poucos centímetros.

Em relação aos pontos da margem leste da Florida, todos apresentaram rebaixamento durante toda a série temporal, alcançando máximo de 1,1 abaixo do nível médio, P11 apresentou aumento do nível d'água, mas sem ultrapassar o nível médio para o ponto (Figura 10).

# Furacão Kate

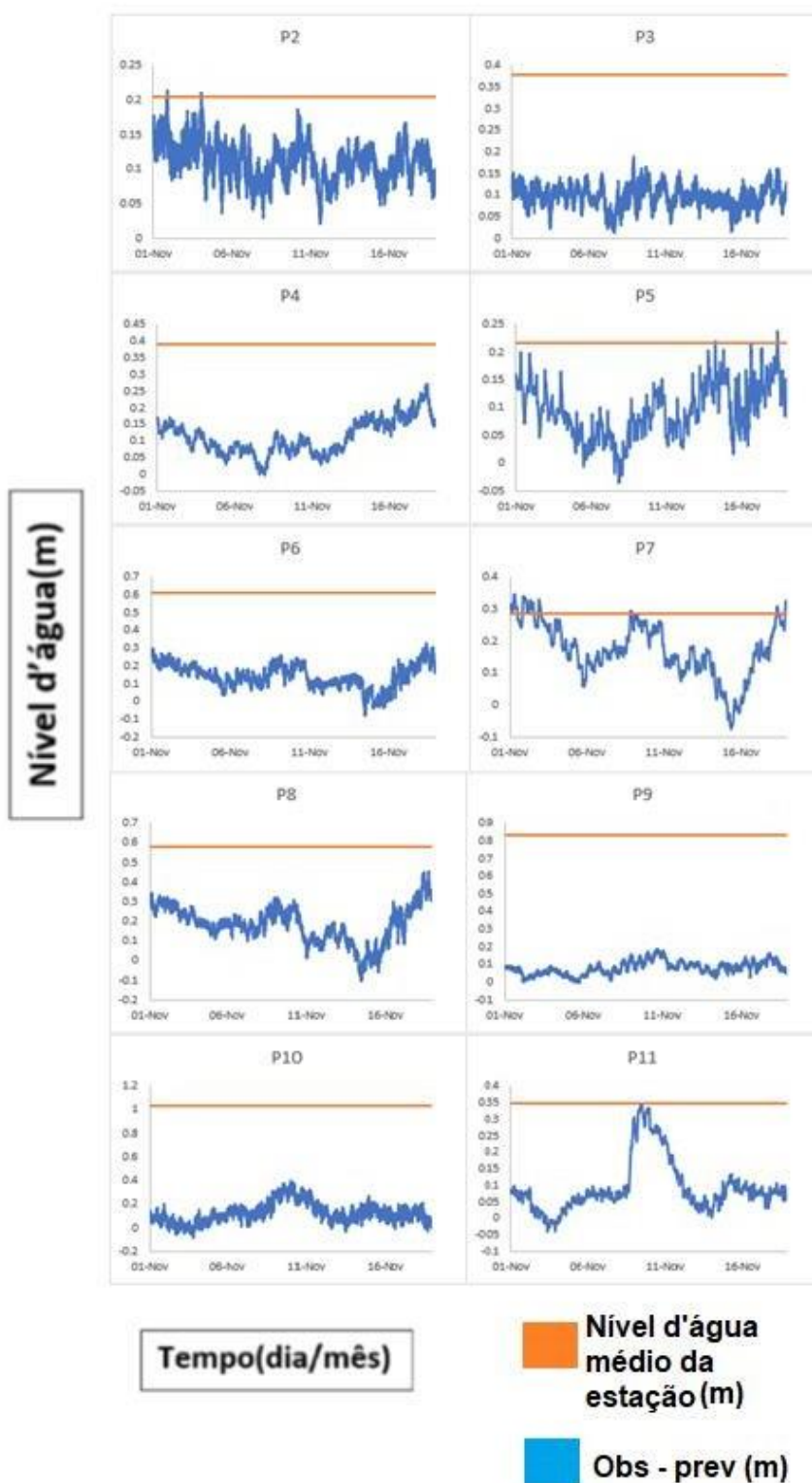


Figura 10- Série temporal da diferença entre os níveis observados e previstos, referente ao furacão Kate.

## 6.2.2 Ano de 2016

- **Furacão Alex**

O furacão Alex ocorreu de 12 a 15 de janeiro e para a sua análise foi desenvolvida uma série temporal de 5 a 22 de janeiro. A partir da análise dos gráficos de nível d'água foi possível observar que os pontos de medição localizados em Porto Rico (P2 e P3) durante toda a série apresentaram rebaixamento, ficando até 0,4m abaixo do nível médio para o local.

Em relação aos pontos localizados na margem oeste da Florida (P3,P4,P6,P7,P8), foi possível verificar que houve grande variação do nível d'água durante toda a série, sendo que no final da ocorrência de Alex foram observadas as maiores elevações, alcançando até 0,8m acima do nível médio e rebaixamento máximo do mesmo valor; não foi possível a análise do P5 devido à falta de dados.

Dentre os pontos localizados na margem leste da Florida, foi verificado que P9 e P10 apresentaram durante toda a série rebaixamento, obtendo até 1,3m abaixo do nível médio; enquanto que o P11, localizado na porção mais interior da Florida, antes da ocorrência de Alex apresentou níveis d'água acima do nível médio, alcançando elevação de até 0,15m, durante e após a ocorrência de Alex os níveis d'água apresentaram rebaixamento, atingindo até 0,35m(Figura 11).

# Furacão Alex

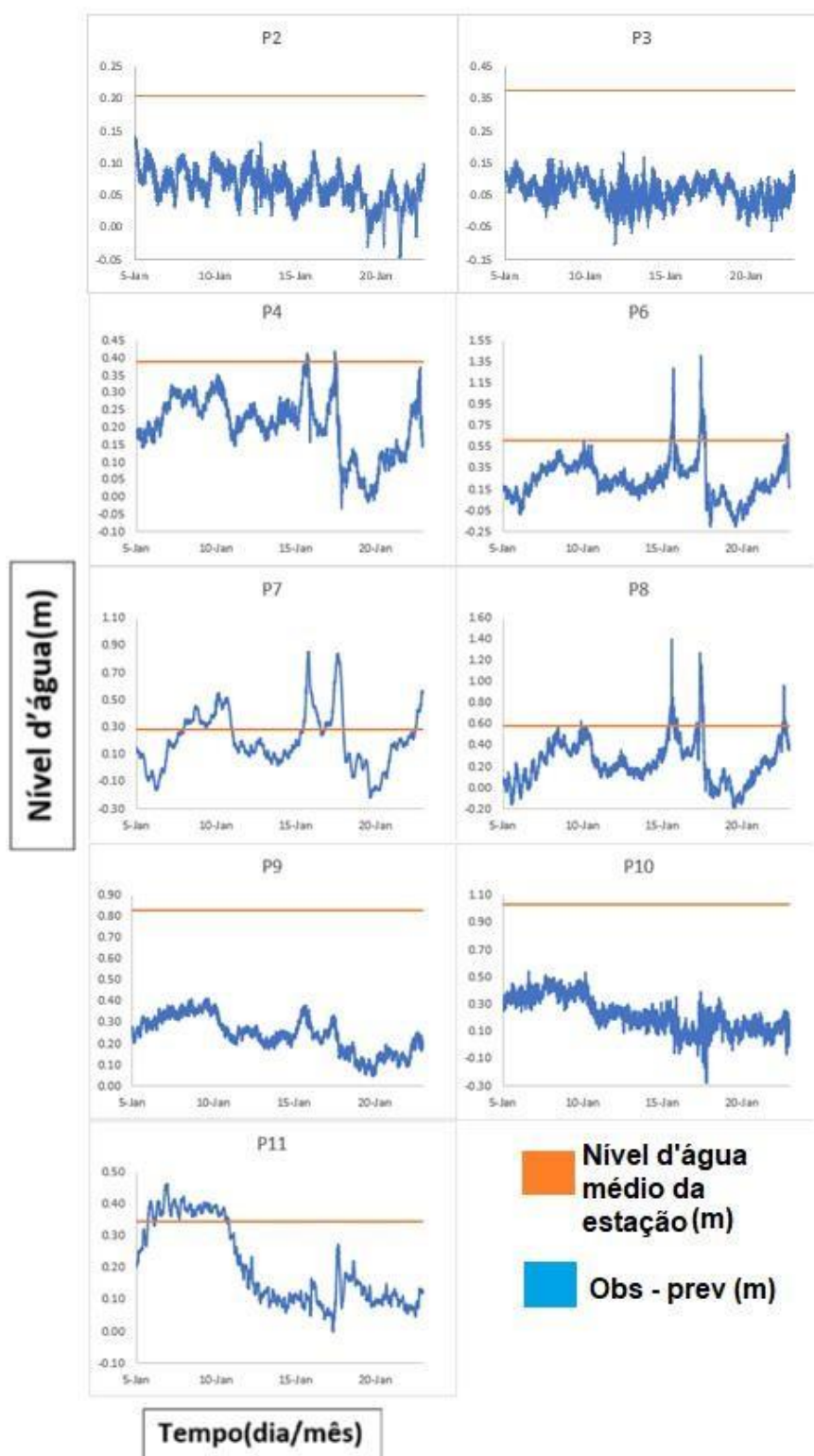


Figura 11- Série temporal da diferença entre os níveis observados e previstos, referente ao furacão Alex.

- **Furacão Earl**

O furacão Earl teve ocorrência registrada de 2 a 6 de agosto e para a análise dos seus efeitos na região costeira foi realizada uma série temporal de 26 de julho a 13 de agosto. A partir da análise dos gráficos foi possível constatar que durante toda a série temporal houve rebaixamento do nível d'água em todos os pontos de medição. Os pontos localizados em Porto Rico, tiveram rebaixamento de até 0,4m; os pontos da margem Oeste da Florida apresentaram rebaixamento de até 0,7m e os pontos da margem leste da Florida apresentaram nível d'água até 1,3m abaixo do nível médio (Figura 12).

## Furacão Earl

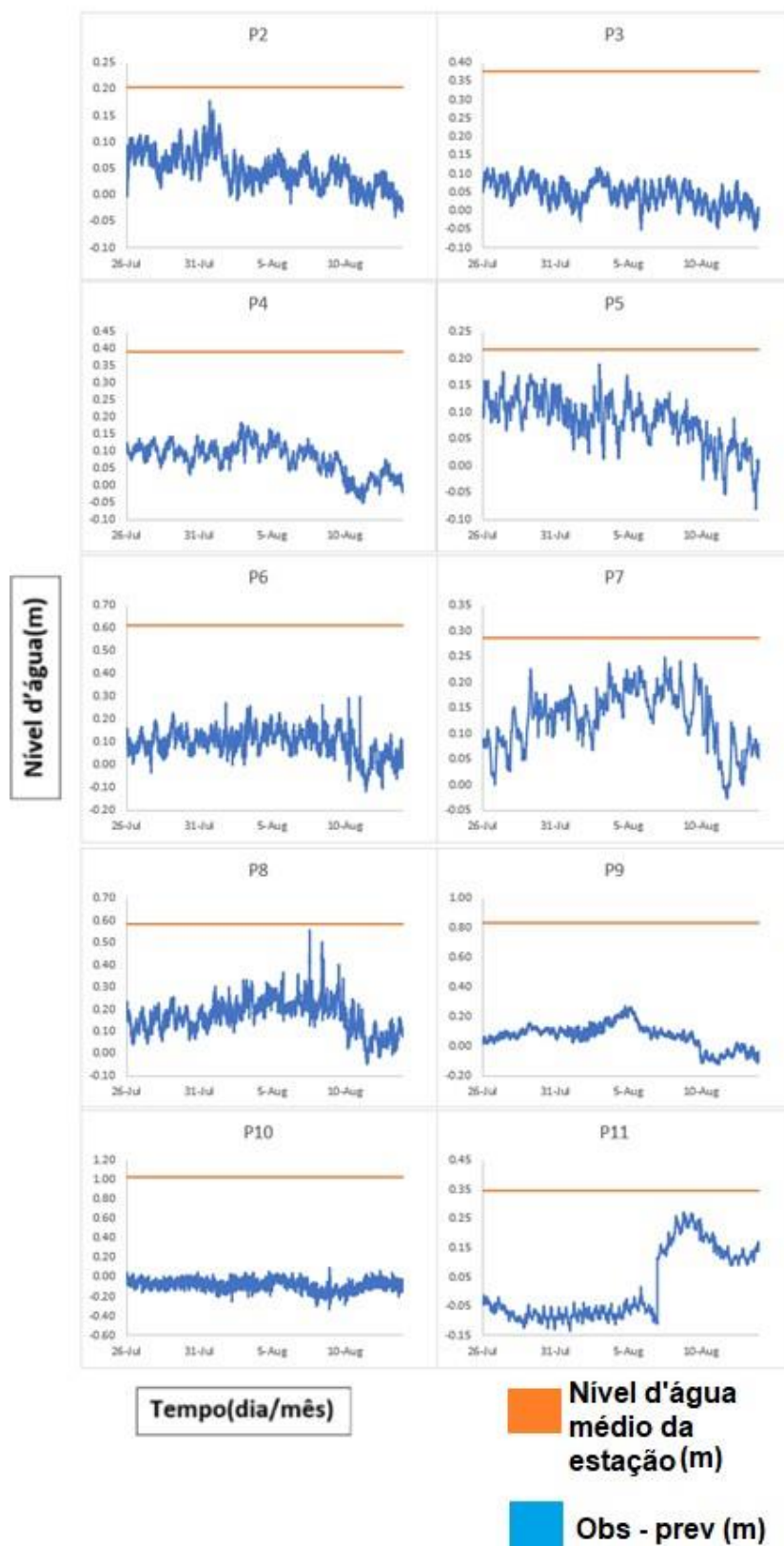


Figura 12- Série temporal da diferença entre os níveis observados e previstos, referente ao furacão Earl.

- **Furacão Gaston**

O furacão Gaston ocorreu de 22 de agosto a 2 de setembro e foi analisada uma série temporal de 15 de agosto a 9 de setembro. A partir desta análise foi observado que os pontos localizados em Porto Rico obtiveram níveis d'água abaixo do nível médio durante toda a série, alcançando rebaixamento de até 0,4m.

Dentre os pontos da margem oeste da Florida, P4 durante toda a série apresentou rebaixamento, com máximo de 0,4m; P5 e P6 antes e depois da ocorrência de Gaston tiveram rebaixamento, de até 0,6m, e durante a ocorrência do furacão apresentaram elevação ficando até 0,2m acima do nível médio; P7 e P8 durante quase toda a série tiveram rebaixamento do nível d'água, exceto por uma elevação de até 0,7m que ocorreu logo após o furacão. Em relação aos pontos da margem leste do estado da Florida, durante toda a série apresentaram rebaixamento, com máximo rebaixamento de 1,5m (Figura 13).

# Furacão Gaston

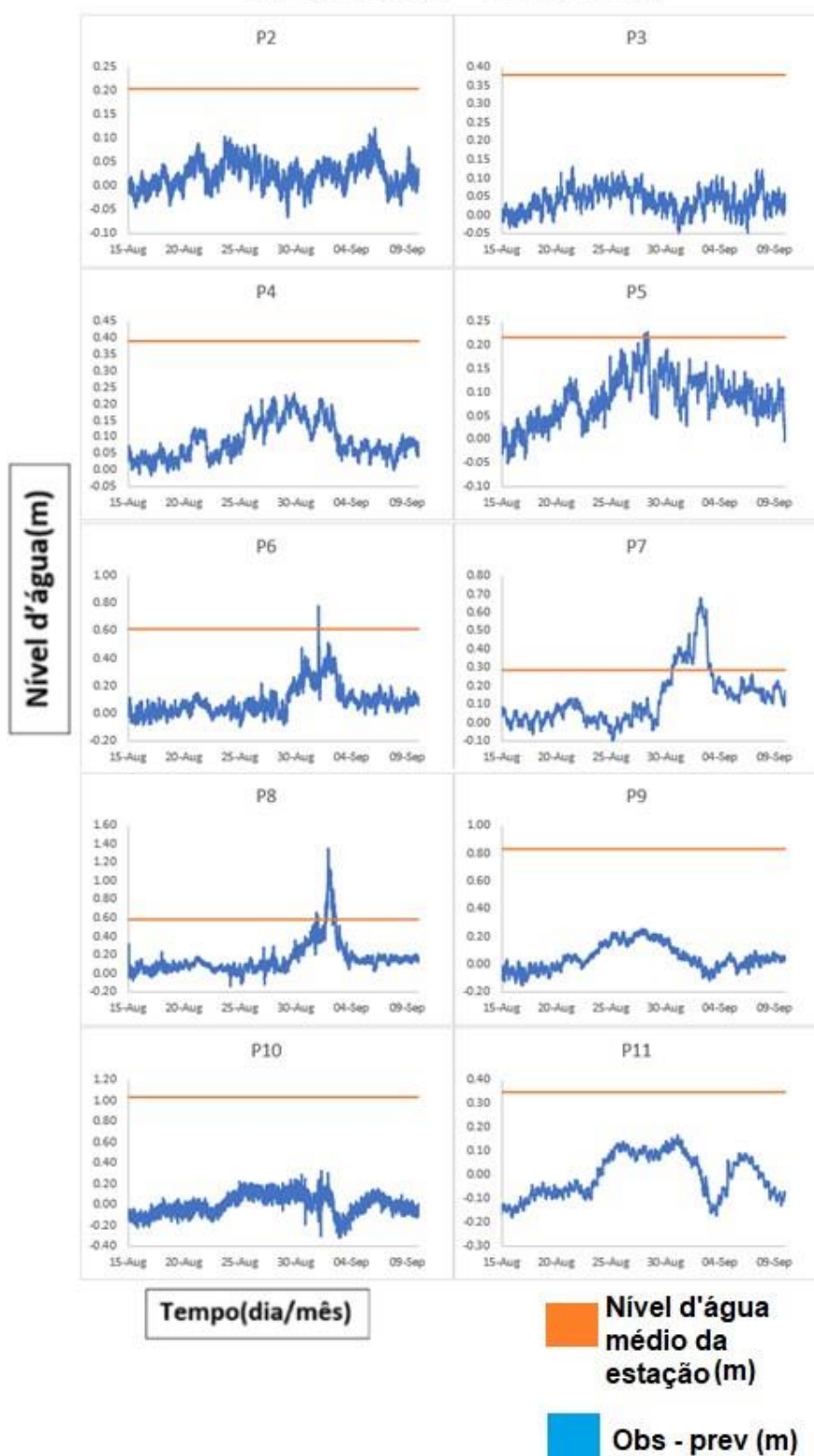


Figura 13- Série temporal da diferença entre os níveis observados e previstos, referente ao furacão Gaston.

- **Furacão Hermine**

O furacão Hermine ocorreu de 28 de agosto a 3 de setembro e foi analisada uma série temporal de 21 de agosto a 10 de setembro. Em Porto Rico, durante toda a série temporal houve rebaixamento dos níveis d'água, com máximo de 0,45m.

Dentre os pontos da margem oeste da Florida, P4 apresentou rebaixamento durante toda a série alcançando até 0,4m abaixo do nível médio; P5, P6, P7 e P8 estiveram abaixo do nível médio durante quase toda a série, exceto por uma elevação durante a ocorrência de Hermine, no qual alcançou até 0,7m acima do nível médio. Quanto os pontos da margem leste da Florida, durante toda a série temporal houve rebaixamento, obtendo até 1,3m abaixo do nível médio (Figura 14).

# Furacão Hermine

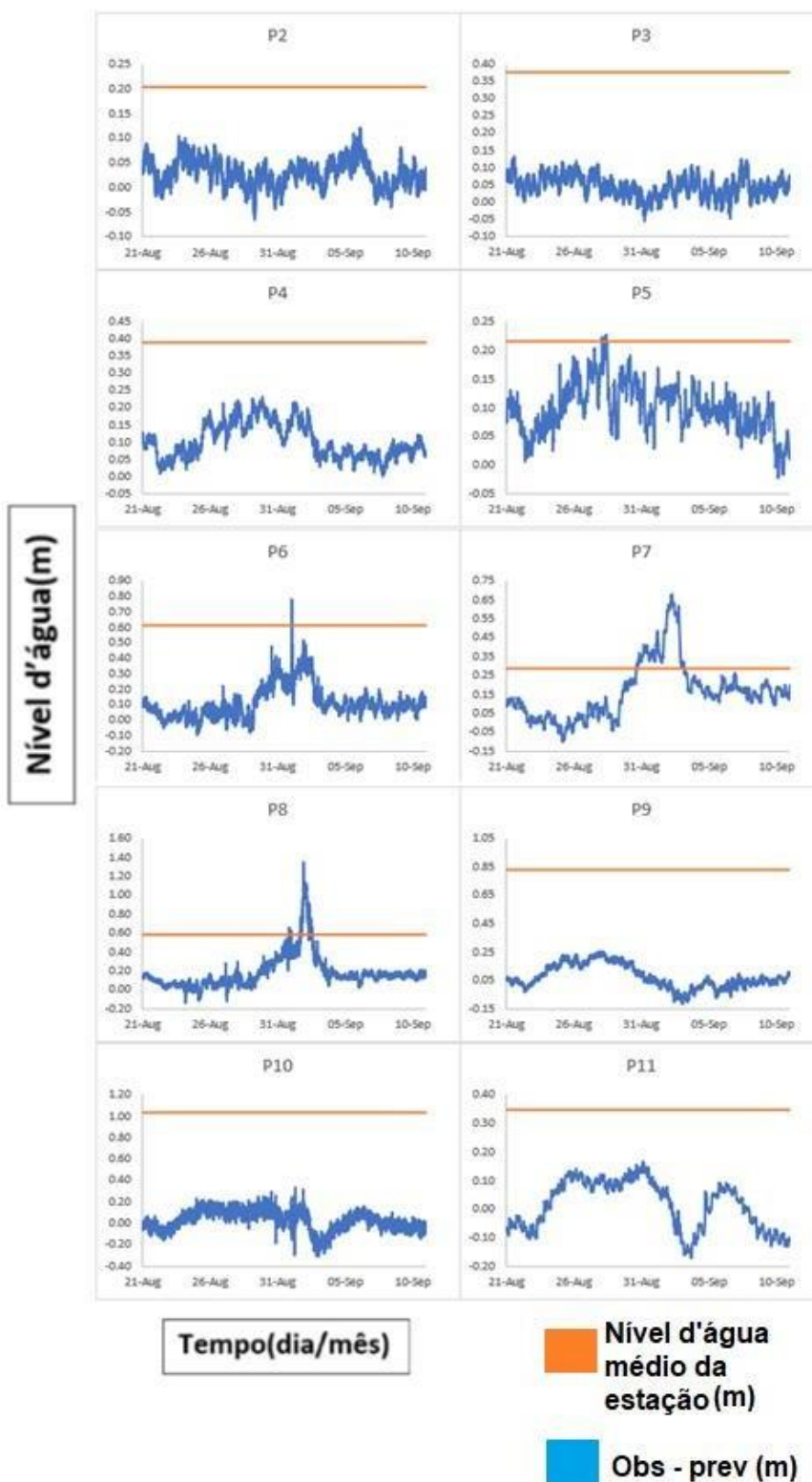


Figura 14- Série temporal da diferença entre os níveis observados e previstos, referente ao furacão Hermine.

- **Furacao Matthew**

O furacão Matthew aconteceu de 28 de setembro a 9 de outubro e foi estudada uma série temporal de 21 de setembro a 16 de outubro. A análise dos pontos situados em Porto Rico mostrou que P2 durante quase toda a série estava abaixo do nível médio com rebaixamento de até 0,2m, exceto por uma elevação de 0,05m durante a ocorrência de Matthew, já o P3 durante toda a série sofreu rebaixamento com nível d'água até 0,4m abaixo do nível médio.

Dentre os pontos da margem oeste da Florida, foi observado que todos apresentaram rebaixamento durante toda a série com rebaixamento máximo de até 0,7m, o único ponto que apresentou elevação foi P5, durante a ocorrência de Matthew.

Em relação aos pontos da margem leste da Florida, P9 esteve abaixo do nível médio durante toda a série, com rebaixamento de até 0,9m, enquanto que P10 e P11 sofreram rebaixamento de até 1,3m e durante a passagem de Matthew sofreram elevação alcançando até 1m acima do nível médio (Figura 15).

# Furacão Matthew

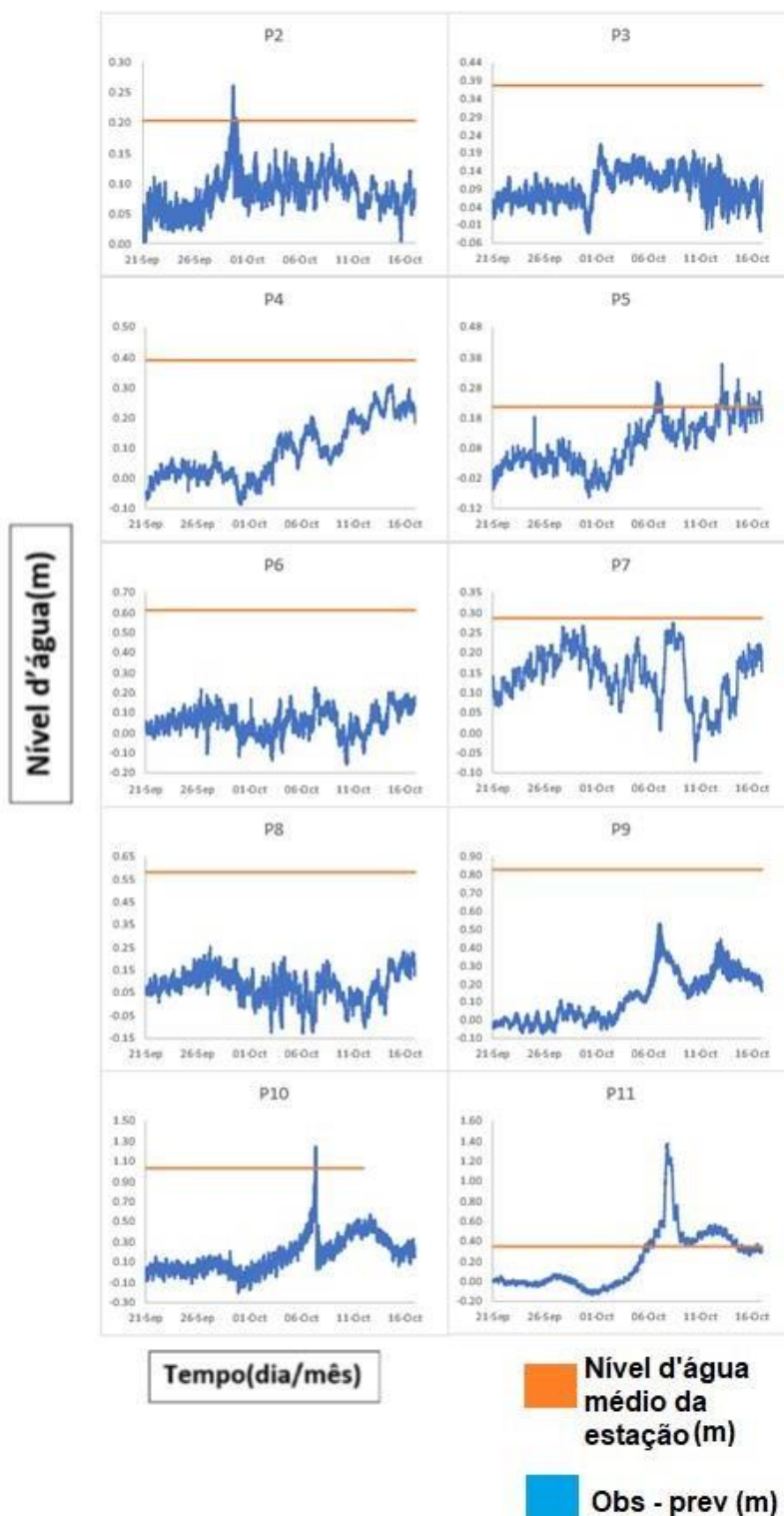


Figura 15- Série temporal da diferença entre os níveis observados e previstos, referente ao furacão Matthew.

- **Furacão Nicole**

O furacão Nicole teve ocorrência registrada de 4 a 18 de outubro e foi analisada uma série temporal de 27 de set a 25 de outubro. Essa análise constatou que entre os pontos localizados em Porto Rico, em P2 houve rebaixamento do nível d'água de até 0,2m durante a maior parte da série temporal, exceto por uma elevação de 0,07m antes da passagem do furacão, o P3 sofreu rebaixamento durante toda série com máximo de 0,4m.

Os pontos da margem Oeste da Flórida apresentaram grande flutuação do nível d'água, com rebaixamento máximo de 0,75m, apenas P5 e P7 estiveram durante algum momento acima do nível médio, com elevação de até 0,15m.

Entre os pontos da margem leste da Florida, P9 durante toda série apresentou rebaixamento, obtendo até 0,8m abaixo do nível médio, enquanto que P10 e P11, apresentaram uma elevação de até 1m durante a passagem do furacão, nos outros momentos da série houve rebaixamento, alcançando até 1,2m abaixo do nível médio (Figura 16).

# Furacão Nicole

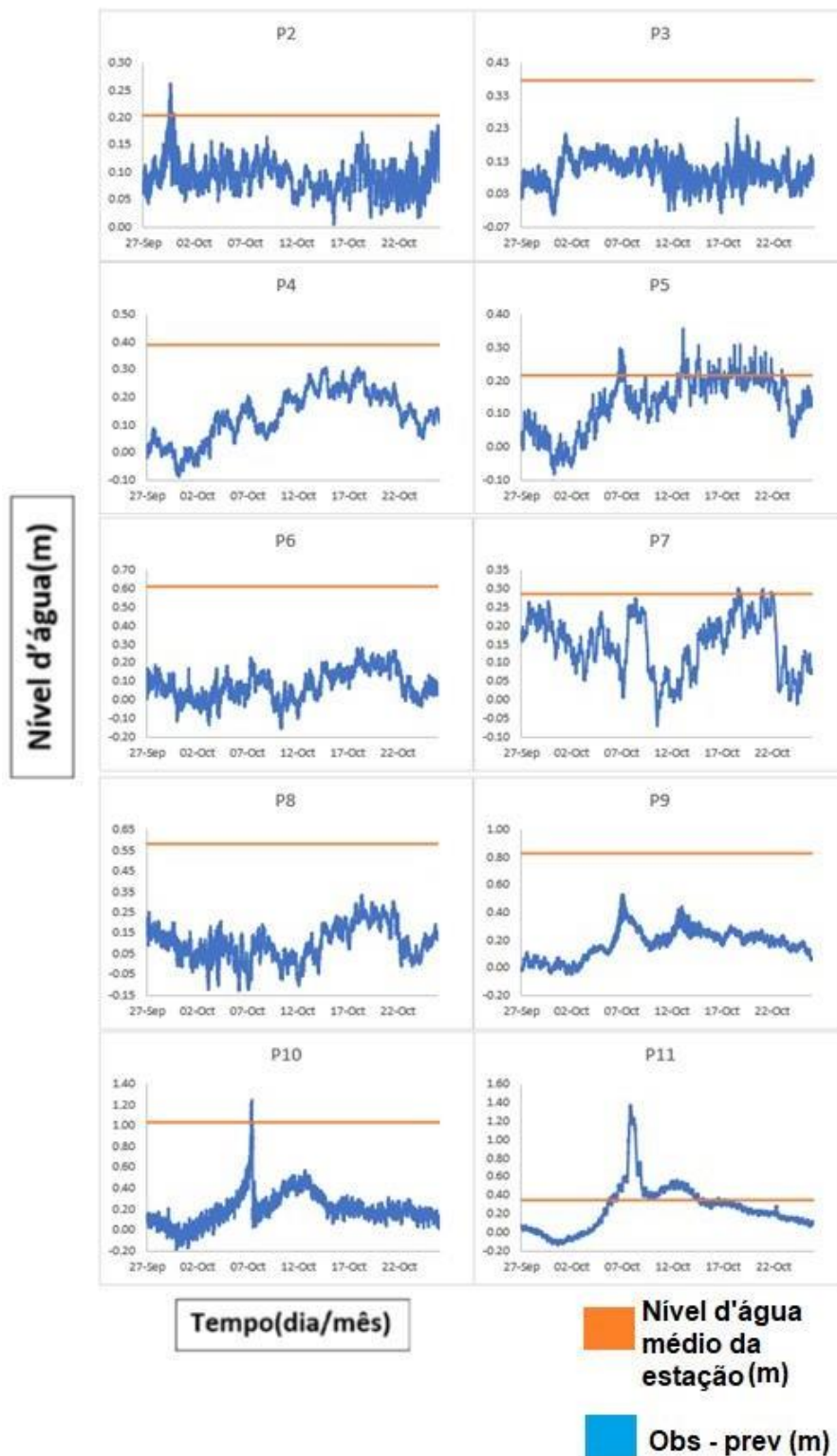


Figura 16- Série temporal da diferença entre os níveis observados e previstos, referente ao furacão Nicole.

- **Furacão Otto**

O furacão Otto ocorreu de 20 a 26 de novembro e foi analisada uma série temporal de 13 de novembro a 3 de dezembro. A análise constatou que os níveis d'água de Porto Rico sofreram rebaixamento durante toda a série alcançando até 0,4 m abaixo do nível médio.

Entre os pontos da margem oeste da Florida, foi observado que P4,P6 e P8 sofreram rebaixamento durante toda a série ficando até 0,7m abaixo do nível médio, enquanto que P5 e P7 antes da ocorrência de Otto apresentaram elevação de até 0,07m, seguida de rebaixamento no outros momentos da série, ficando até 0,5m abaixo do nível médio..

Os gráficos dos pontos situados na margem leste da Florida mostram a predominância de rebaixamento, alcançando até 1,1m abaixo do nível médio, antes da passagem do furacão; P11 apresentou uma pequena elevação no qual alcançou o nível médio d'água (Figura 17).

# Furacão Otto

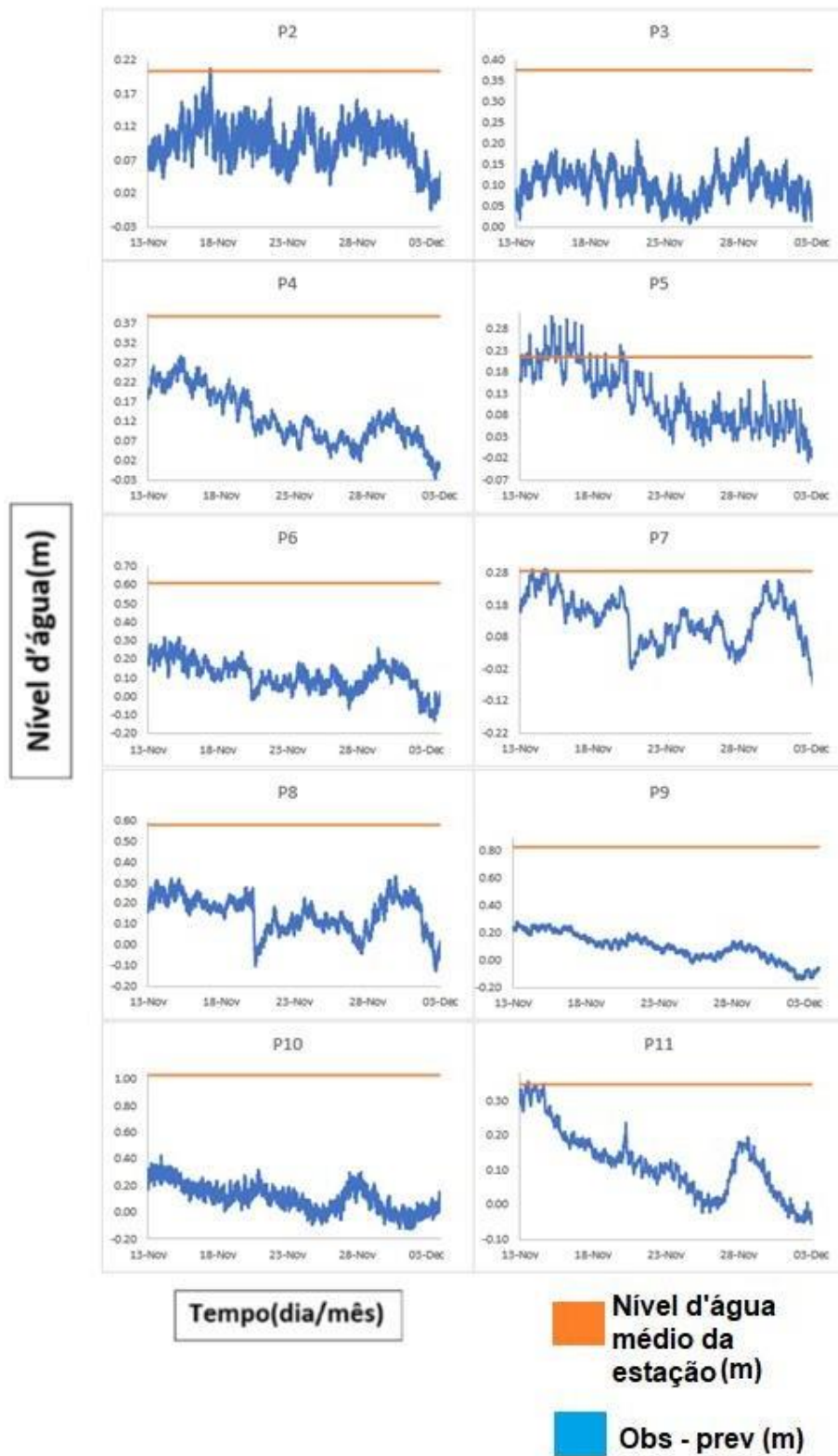


Figura 17- Série temporal da diferença entre os níveis observados e previstos, referente ao furacão Otto.

### 6.2.3 Ano de 2017

- **Furacão Harvey**

A serie temporal referente ao furacão Harvey, que ocorreu do dia 17 de agosto a 1 de setembro, foi referente ao dia 10 de agosto a 8 de setembro. Os pontos localizados em Porto Rico (P2 e P3) estiveram níveis d'água quase durante toda a série abaixo do nível médio do mar para a região, alcançando rebaixamento de máximo de até 0,4m; e durante o último dia da série ambos apresentaram uma pequena elevação do nível d'água de 5 cm acima do nível médio.

Quase todos os pontos localizados na margem oeste da Florida durante toda a série estiverem com nível d'água abaixo do nível médio, alcançando nível de rebaixamento máximo de 0,7 no P6 e P8, apenas P7 apresentou uma pequena elevação de 0,2m durante a passagem do furacão. Entre os pontos localizados na margem leste da Florida, P9 e P10 durante toda a série estiveram abaixo do nível médio, com rebaixamento máximo de 1m e P11 durante quase toda a série esteve abaixo do nível médio, exceto por uma pequena elevação de 2cm que ocorreu no final da passagem do furacão (Figura 18).

# Furacão Harvey

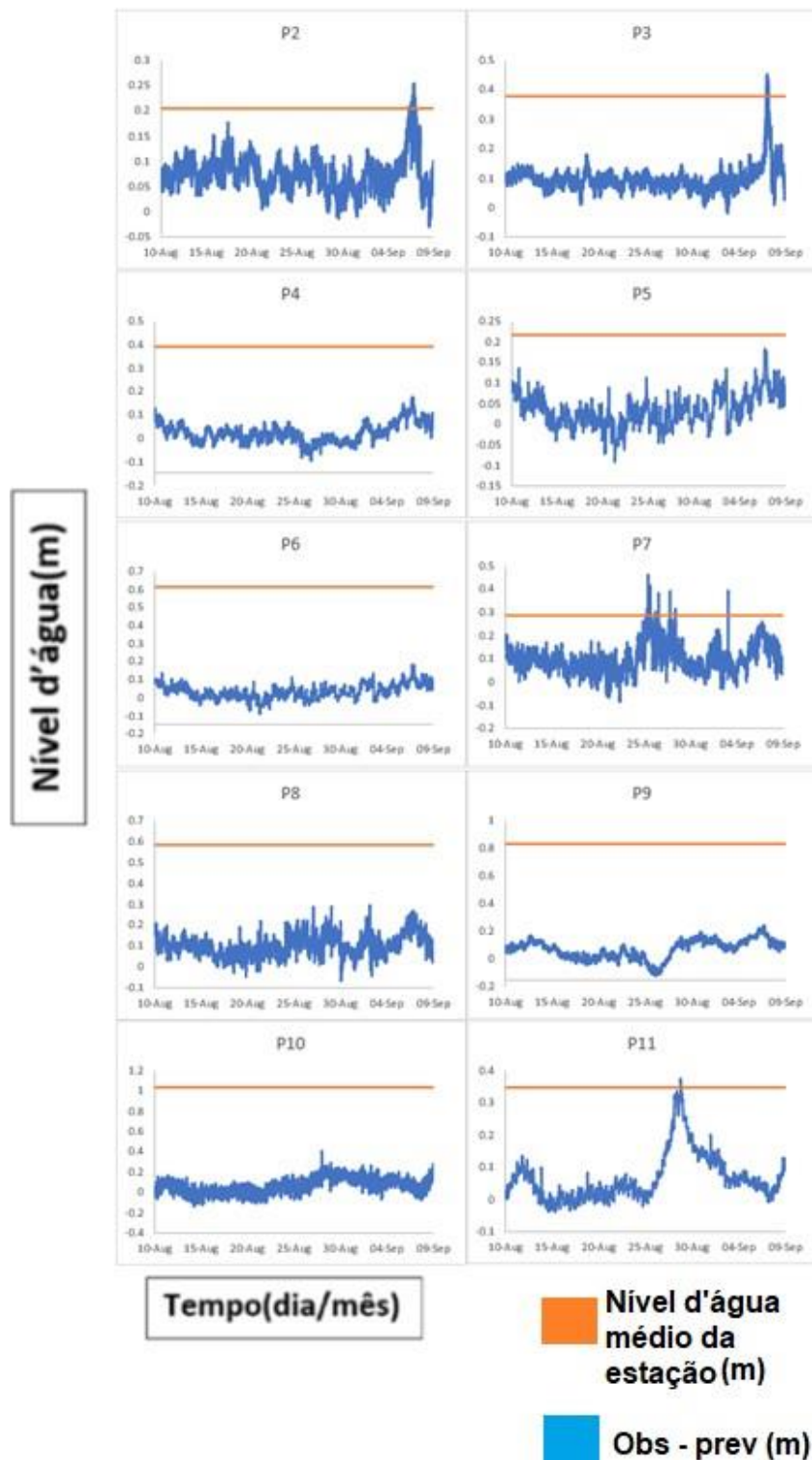


Figura 18- Série temporal da diferença entre os níveis observados e previstos, referente ao furacão Harvey.

- **Furacão Irma**

O furacão Irma ocorreu durante 30 de agosto a 12 de setembro, e foi realizada uma série temporal de 23 de agosto a 19 de setembro. Nos pontos localizados em Porto Rico durante quase toda a série houve rebaixamento do nível do mar, alcançado rebaixamento máximo de 0,4m, exceto por uma elevação abrupta do nível durante a ocorrência do furacão onde ocorreu elevação de até 0,25m acima do nível médio.

Os pontos 4,5,6 e 8, localizados na margem oeste da Florida apresentaram rebaixamento durante quase toda a série, alcançando nível de rebaixamento de até 2m, no final da ocorrência de Irma esses pontos apresentaram uma grande elevação do nível de até 1m, o P8 teve elevação no entanto não ultrapassou o nível médio. O P7, margem leste da Florida, teve grande variação de nível, no qual durante vários momentos esteve acima e abaixo do nível médio, assim como todos os pontos da margem oeste, durante o final da ocorrência do furacão houve grande diminuição de nível d'água (1,5m), seguida de grande elevação (1m).

Em relação aos pontos localizados na margem leste da Florida, P9 apresentou rebaixamento durante toda a série, com máximo de 0.9m e em um dos dias de atuação do furacão alcançou o nível médio. P10, durante quase toda a série esteve abaixo do nível médio, com rebaixamento de até 1,1m e assim como P9 durante um dos dias de atuação do furacão teve elevação do nível, alcançando 0,4m acima do nível médio. P11, durante toda a série houve elevação seguida de rebaixamento, o máximo rebaixamento foi de 0.4m, e no final da ocorrência do furacão houve grande elevação, alcançando 0,4m acima do nível médio, após a ocorrência do furacão o nível d'água acompanhou o nível médio (Figura 19).

# Furacão Irma

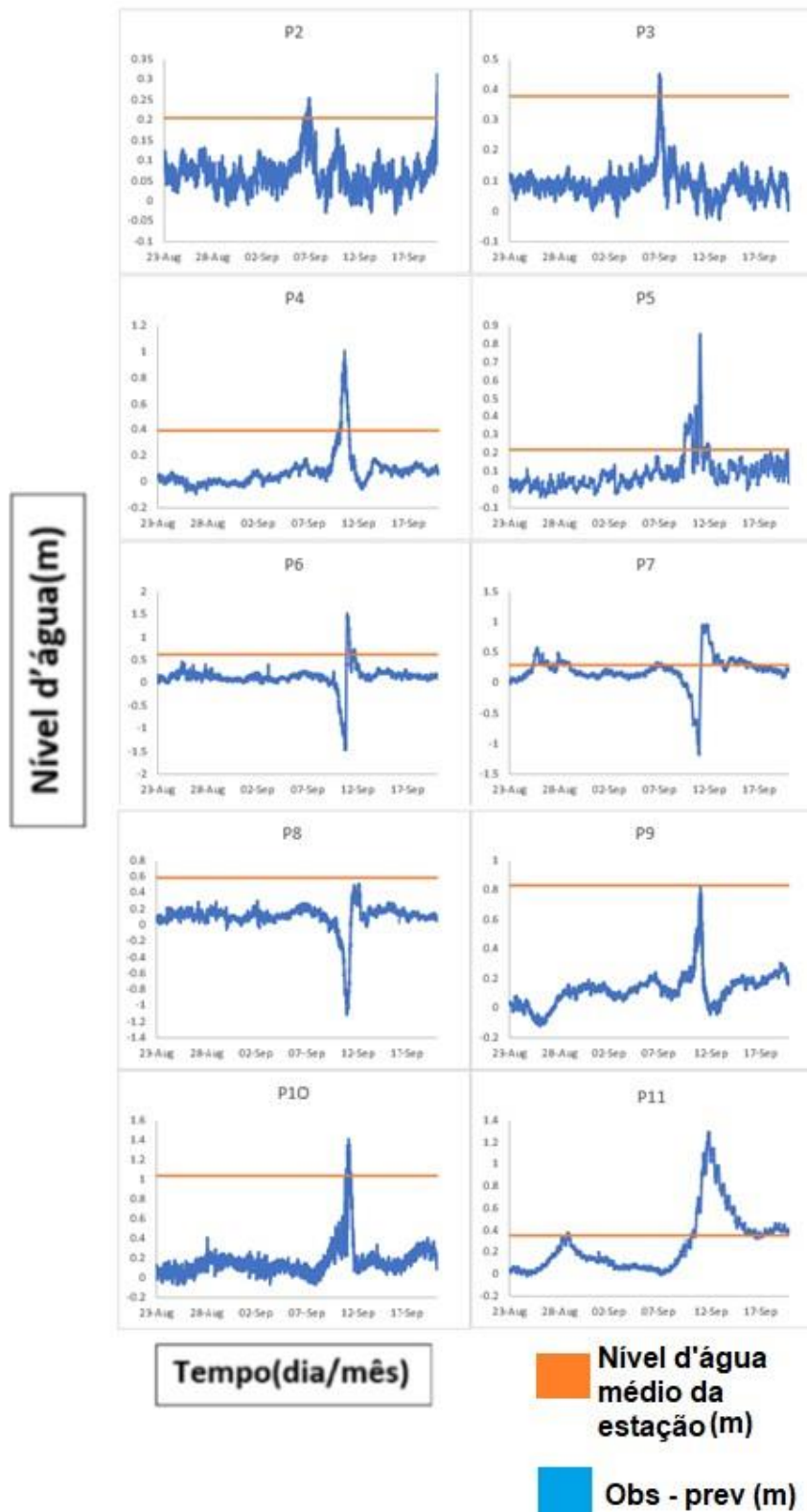


Figura 19- Série temporal da diferença entre os níveis observados e previstos, referente ao furacão Irma.

- **Furacão Jose**

O furacão Jose ocorreu de 5 a 22 de setembro e foi analisada uma série temporal de desde 29 de agosto a 29 de setembro. O ponto localizado em Porto Rico durante maior parte da série temporal esteve abaixo do nível médio e durante o final da ocorrência do furacão apresentou elevação acentuada, com elevação máxima de 1,4m acima do nível médio; não houve análise P3 devido à falta de dados.

Todos os pontos localizados na margem oeste de Florida (P4, P5, P6, P7 e P8) apresentaram quase durante toda a série temporal rebaixamento de nível d'água, alcançando máximo rebaixamento de 2m. Durante a passagem do furacão todos os pontos da margem oeste apresentaram uma grande elevação do nível, chegando a alcançar nível máximo de 1m acima do nível médio. Nos pontos 6, 7, e 8 foi observado um padrão no qual primeiramente ocorre o rebaixamento máximo e logo após ocorre a elevação máxima, durante passagem do furacão.

Entre os pontos localizados na margem leste da Flórida, o P9 e o P10 durante quase toda a série estiveram abaixo do nível médio, no entanto no dia 11 de setembro, durante a passagem do furacão ambos tiveram elevação do nível, no qual P9 alcançou o nível médio para o ponto e P10 ficou 0,4m acima do nível médio, logo após essa elevação houve rebaixamento acentuado com máximo de 1,1m abaixo do nível médio. Em relação ao P11, localizado na porção mais interna da Florida, apresentou rebaixamento durante a parte inicial da série alcançando rebaixamento máximo de 0,4m, e assim como P9 e P10 apresentou elevação durante a passagem do furacão alcançando elevação máxima de 1m, após alcançar esse máximo o nível d'água volta a ter rebaixamento, até alcançar o nível médio e esse estabilizar (Figura 20).

# Furacão Jose

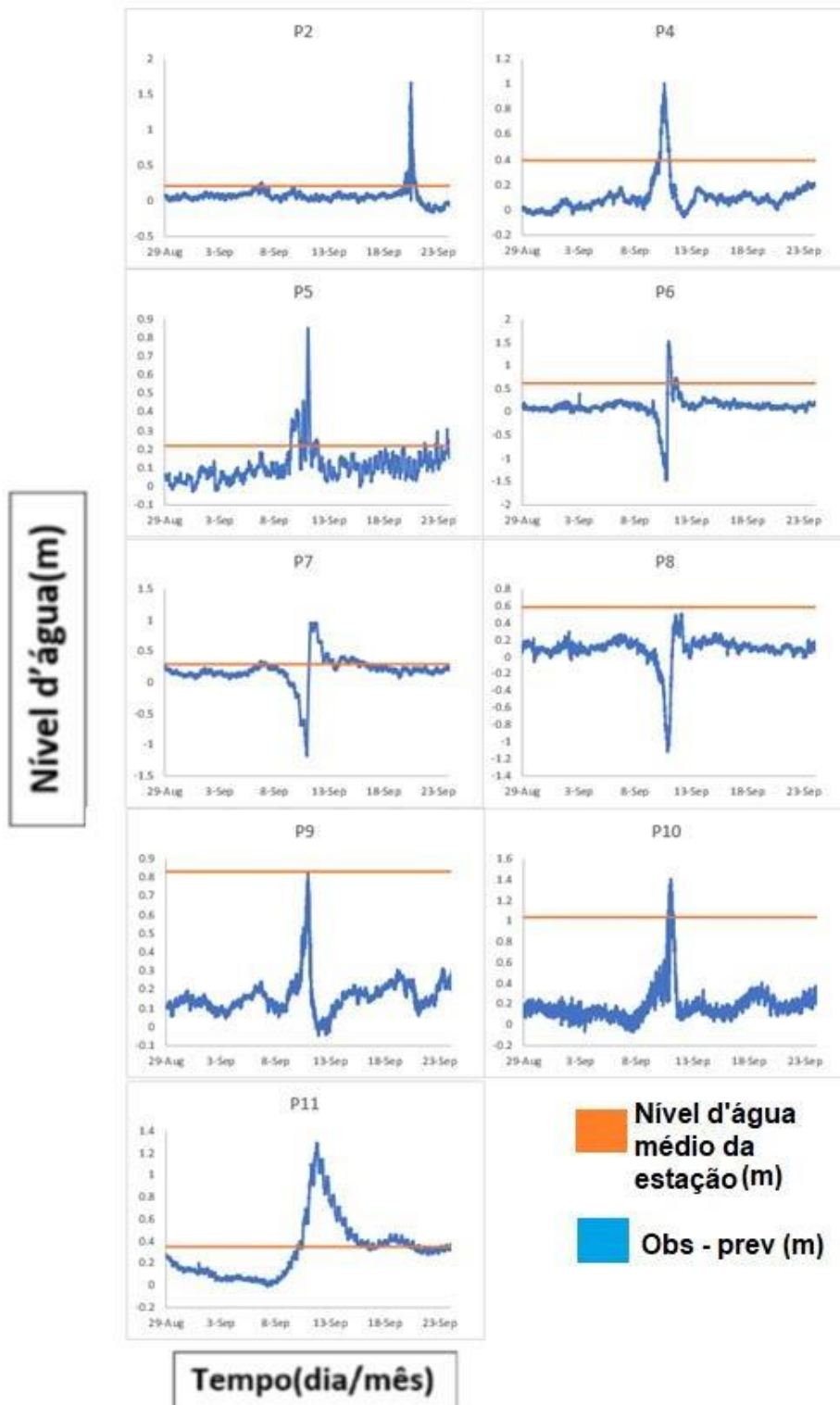


Figura 20- Série temporal da diferença entre os níveis observados e previstos, referente ao furacão Jose.

- **Furacão Katia**

O furacão Katia ocorreu do dia 5 a 9 de setembro e foi realizada uma série temporal desde 29 de agosto a 16 de setembro. Os pontos localizados em Porto Rico durante quase toda a série estiveram abaixo do nível médio, alcançando valores máximos de rebaixamento de 0,4m, durante a passagem do furacão houve uma pequena elevação no qual o nível d'água alcançou 0,25m acima do nível médio.

Dentre os postos localizados na margem oeste da Florida, os pontos 4 e 5 durante a maior parte da série estiveram abaixo do nível médio, alcançando rebaixamento máximo de 0,5m, logo após a passagem do furacão esse pontos apresentaram grande elevação, alcançando valores máximo de elevação de 0,7 m, após essa elevação o nível d'água voltou a ter rebaixamento. O P6, assim como P4 e P5, durante quase toda a série teve rebaixamento, após a ocorrência de Katia foi observado o rebaixamento mais acentuado(1m), seguido de elevação máxima de 1m. P7 e P8, se comportaram de maneira semelhante ao P6, estando quase durante toda a série abaixo do nível médio, e após a passagem do furacão tendo grande rebaixamento, alcançando nível máximo de rebaixamento de 1,8 m seguido de grande elevação de de máximo 0,75 m, exceto o ponto 8 que apresenta elevação mas sem em nenhum momento atingir o nível médio.

Os pontos 9,10 e 11, situados na margem leste da Florida, antes e durante a passagem do furacão estiveram abaixo do nível médio, alcançando rebaixamento máximo de 1,1m, após a passagem do furacão houve a grande elevação do nível do mar, alcançando máximo de 1m acima do nível médio, o P9 apresentou elevação mas sem alcançar o nível médio, o P10 e P11 após a elevação voltaram a ter rebaixamento, no qual o P10 volta a ficar abaixo do nível médio e P11 se estabiliza no nível médio (Figura 21).

# Furacão Katia

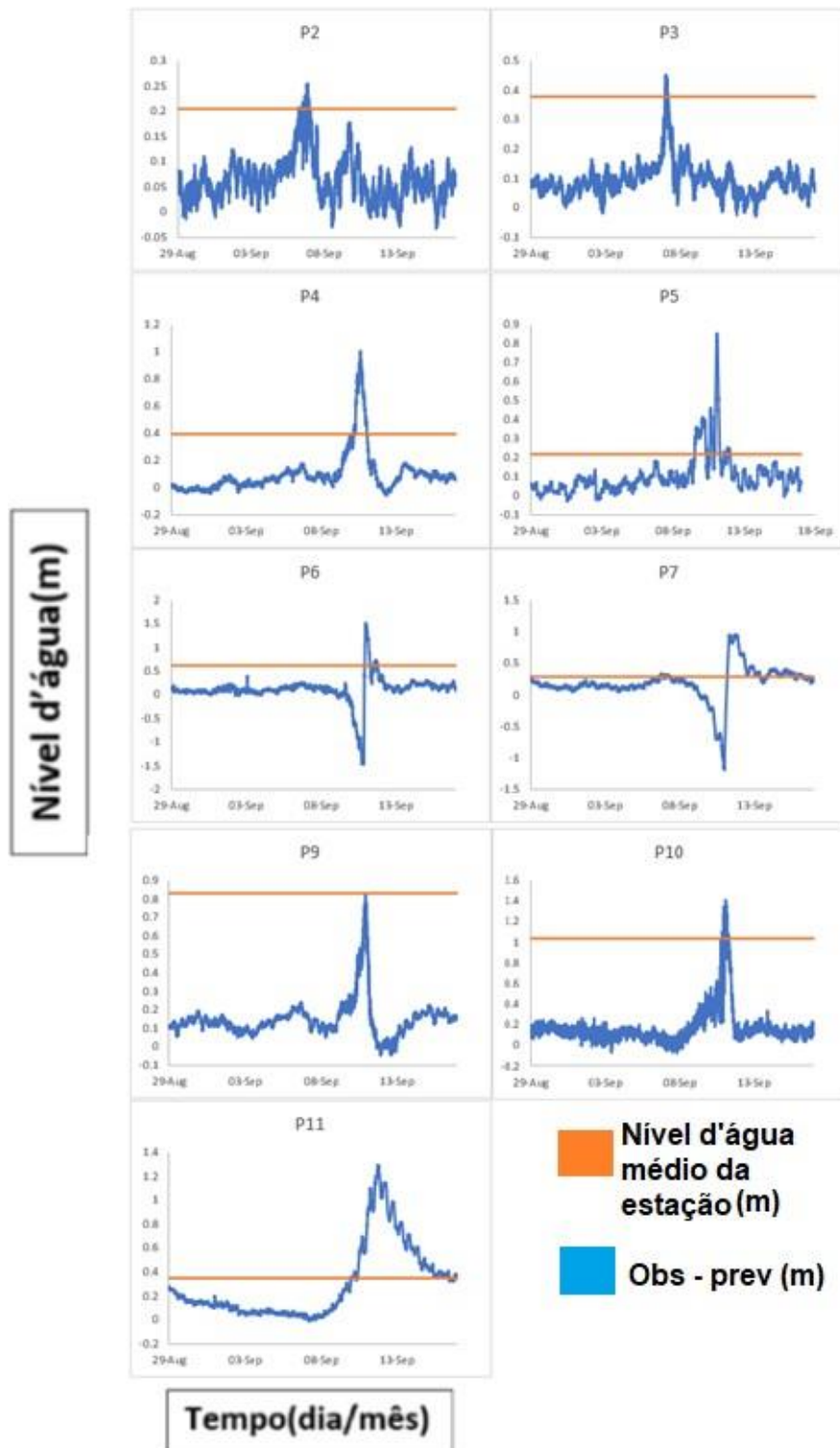


Figura 21- Série temporal da diferença entre os níveis observados e previstos, referente ao furacão Katia.

- **Furacão Lee**

O furacão Lee ocorreu do dia 14 a 30 de set, foi realizada uma serie temporal com os níveis d'agua desde 7 de setembro a 7 de outubro. O ponto localizado em Porto Rico (P2) durante quase toda a série esteve abaixo do nível médio, no final da ocorrência do furacão teve uma acentuada elevação ficando 1,5m acima do nível médio, logo depois ocorre uma queda brusca do nível, no qual ele alcança o seu rebaixamento máximo de 0,3m; não houve análise do P3 devido falta de dados .

Dentre os pontos da costa oeste da Florida, o P4 e P5 se comportaram de forma semelhante, estando quase toda a série abaixo do nível médio do mar, e pouco tempo antes da passagem do furacão desenvolveu uma grande elevação chegando ficar 0,6m acima do nível do mar, seguida de grande rebaixamento de até 0,45m. Os pontos 6 e 7, também da margem oeste, apresentaram configurações semelhante, estando durante toda a série bem próximo do nível médio, exceto durante o início da ocorrência do furacão no qual ocorre um grande rebaixamento (máximo de 1,75m) seguido de grande elevação de até 0,8 m, o ponto 8 se comportou de forma semelhante mas sem alcançar o nível médio do ponto.

Os pontos da margem leste da Florida logo no início da série se apresenta abaixo do nível médio, pouco tempo antes da passagem do furacão (11 de setembro) ocorreu uma elevação máxima alcançando 0,9m acima do nível médio, seguida de rebaixamento máximo de 1,1m, o P9 apresentou elevação seguido de rebaixamento nesse mesmo período mas sem ultrapassar o nível médio do ponto (Figura 22).

# Furacão Lee

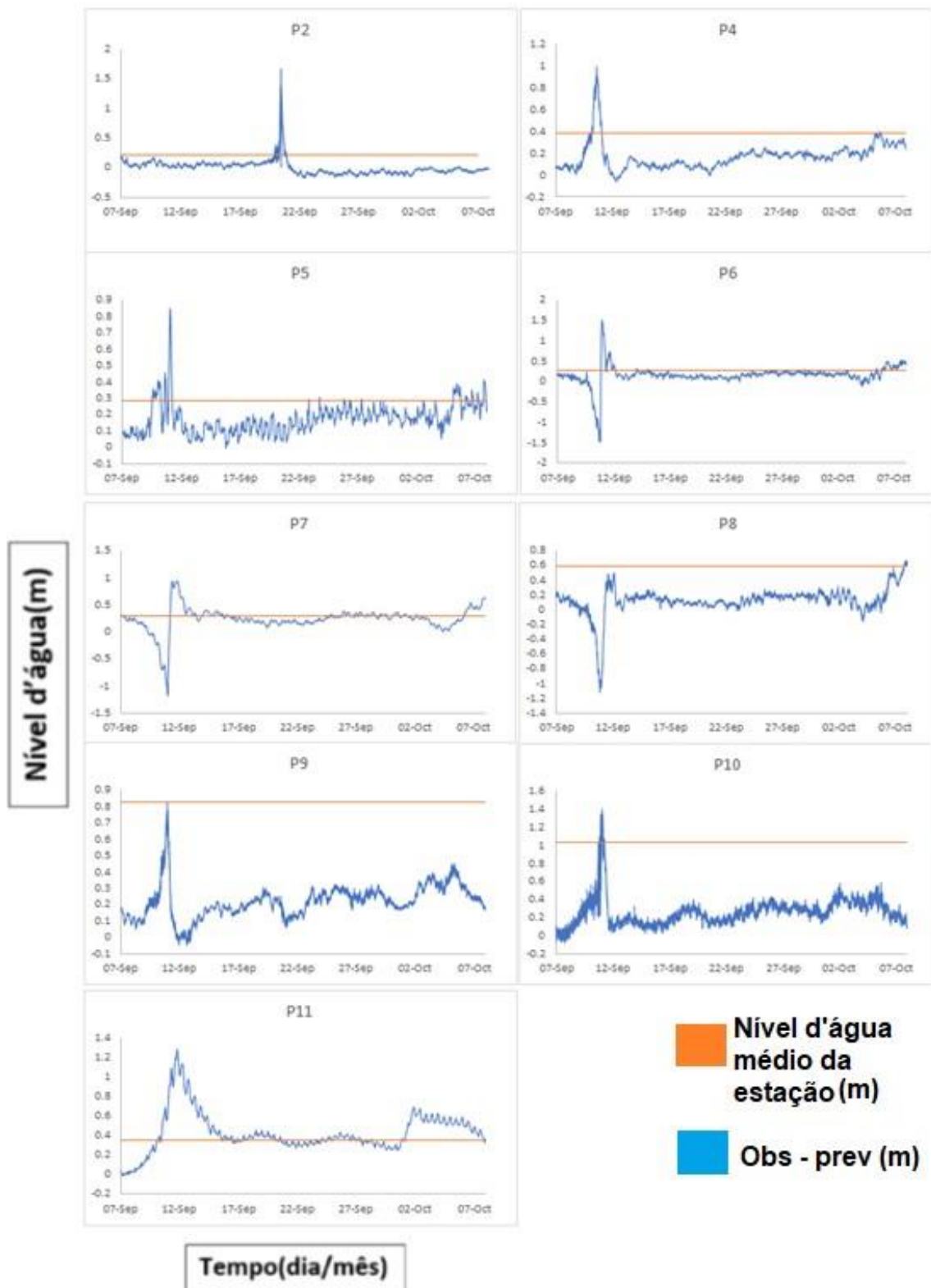


Figura 22- Série temporal da diferença entre os níveis observados e previstos, referente ao furacão Lee.

### 6.3 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR

A análise dos dados de TSM mostrou que o ano de 2016 alcançou os maiores valores, seguido de 2015 e por último 2017. Durante todos os anos foram encontrados valores de até 30°C, principalmente durante os meses de setembro, outubro e novembro; no qual em alguns momentos o Golfo do México Mar do Caribe, e o leste da Florida chegam a alcançar a temperatura mais alta na escala (colocar o valor).

Durante o ano de 2015, a TSM no meses de janeiro a abril ocorre uma variação entre 24-27°C; a partir do mês de maio pode ser observado um crescimento sucessivo da temperatura até o mês de novembro, alcançando o máximo(30°C) nos meses de agosto, setembro e outubro e apresentando um decréscimo da temperatura no mês de dezembro (Figura 23).

Em 2016, pode se observar o mesmo padrão que o de 2015 durante os meses de janeiro e abril. Entre os meses de maio e outubro ocorreu um aumento da temperatura, no qual os máximos valores foram alcançados nos meses de agosto, setembro e outubro. A partir do mês de novembro, diferente de 2015, a temperatura começa a ter uma diminuição (Figura 24).

No ano de 2017, de janeiro a maio é observada uma variação de 24 - 27°C na TSM da área de estudo, a partir de junho é visível o aumento sucessivo de temperatura, alcançando as temperaturas mais elevadas em julho, agosto e setembro. A partir de novembro é perceptível a redução constante da temperatura até o mês de dezembro (Figura 25).

## TSM - L3m 4 km/2015

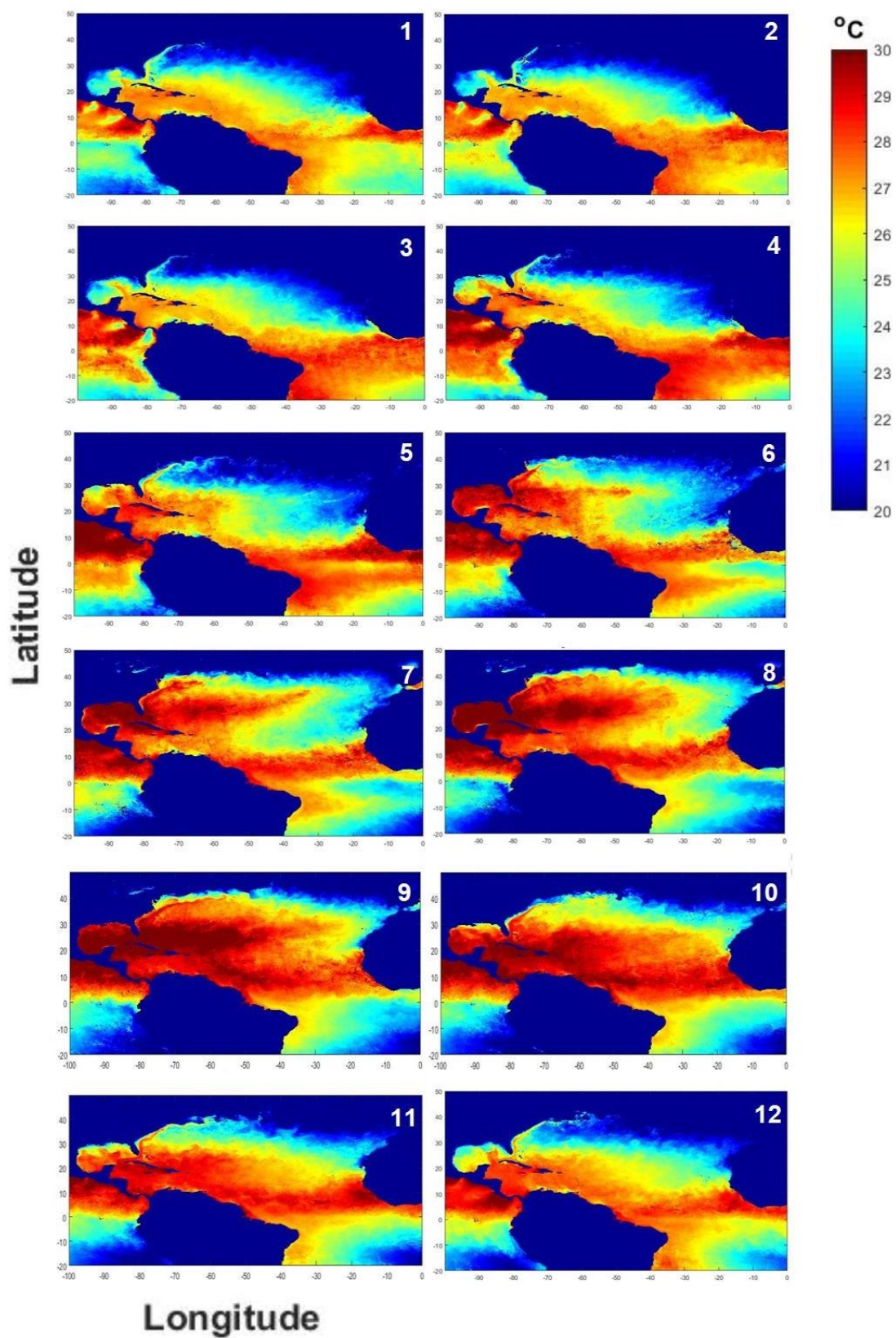


Figura 23- Temperatura da Superfície do Mar mensal em 2015.

## TSM - L3m 4 km/2016

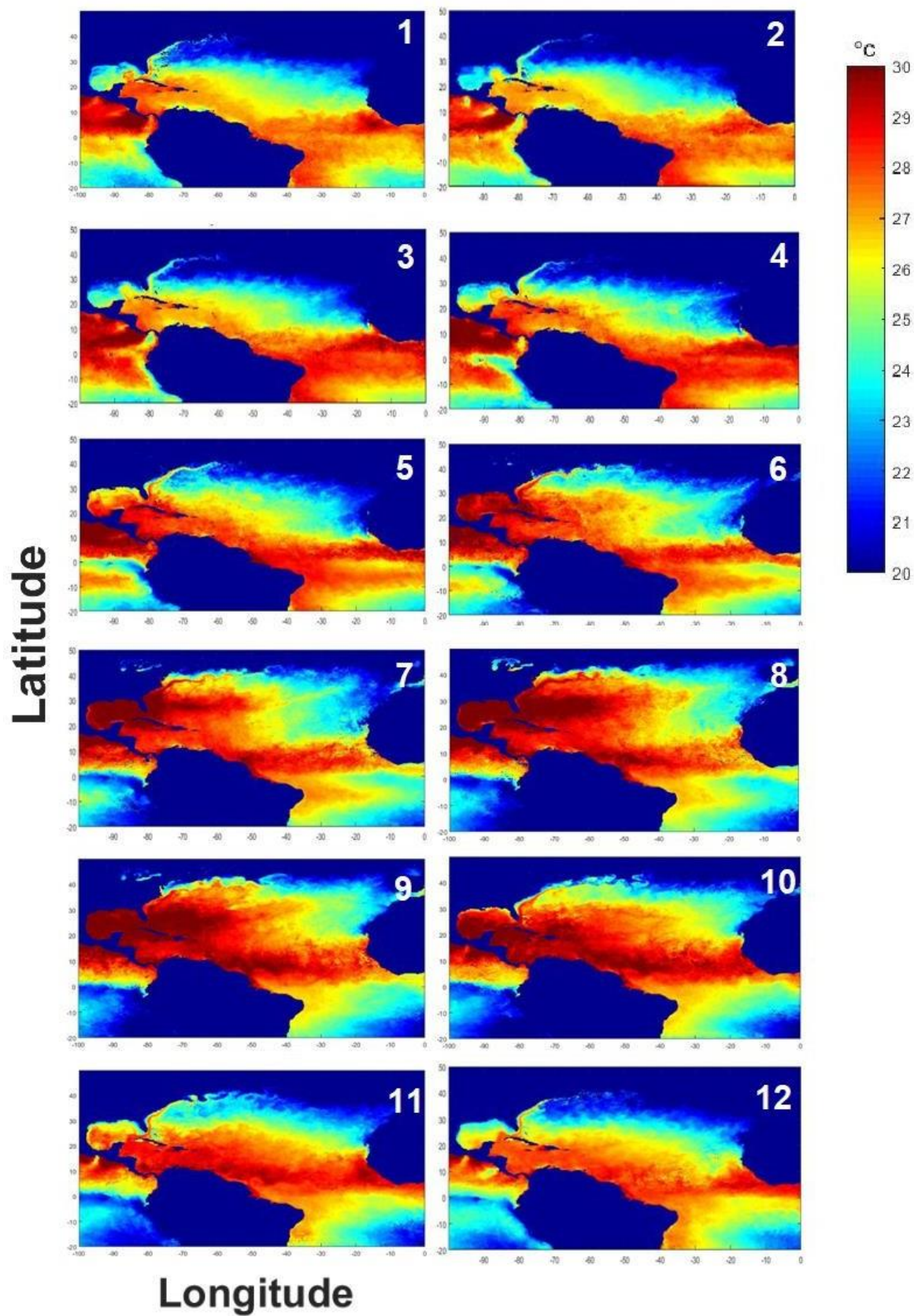


Figura 24- Temperatura da Superfície do Mar mensal em 2016.

## TSM - L3m 4 km/2017

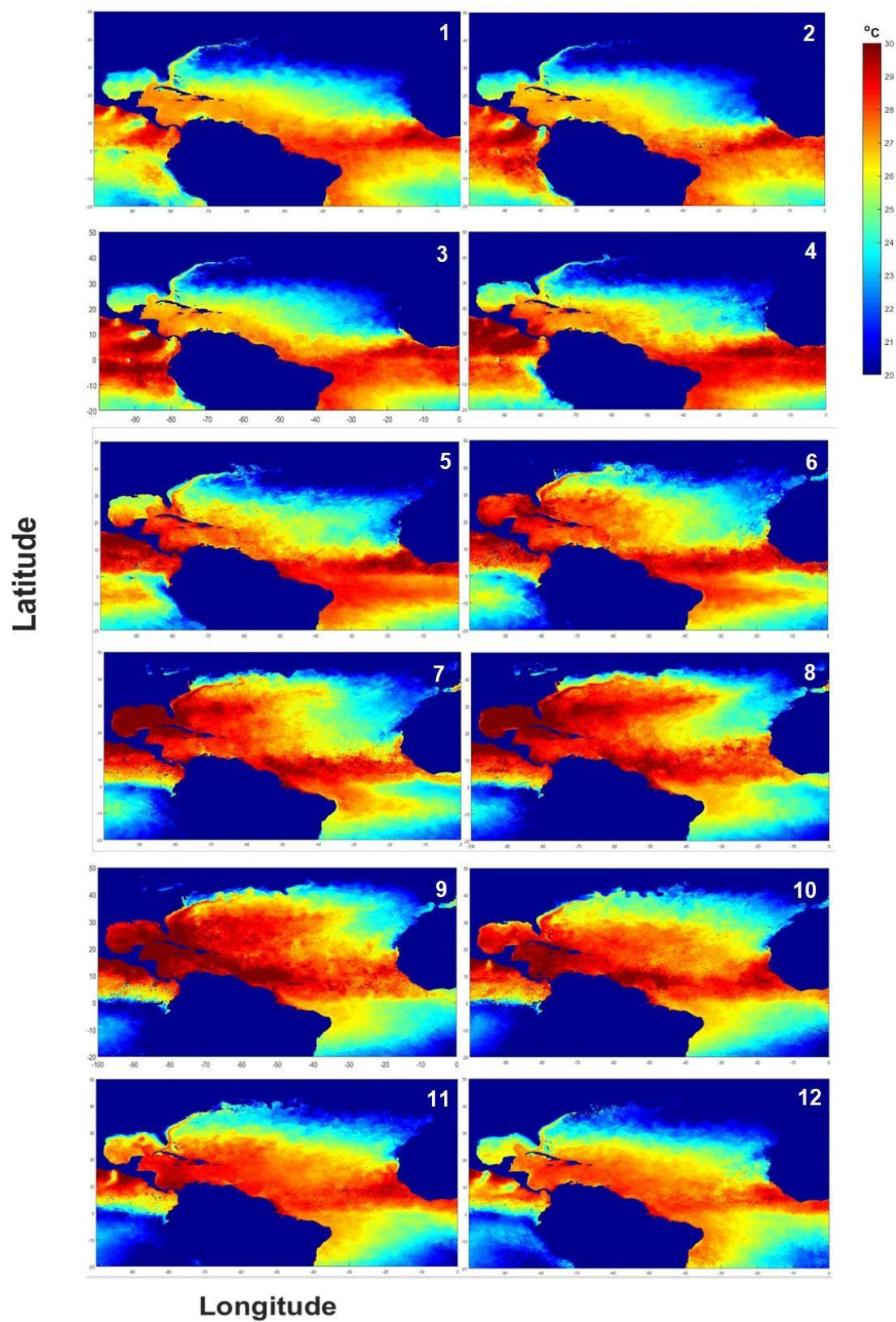


Figura 25- Temperatura da Superfície do Mar mensal em 2017.

#### 6.4 SRTM

Uma anomalia do nível do mar revela a extensão regional dos níveis anômalos de água no oceano, o que pode indicar temperaturas da água incomuns, salinidades, ventos mensais médios, pressões atmosféricas e / ou correntes costeiras. Segundo o Serviço Nacional Oceânico da NOAA , uma anomalia no nível do mar ocorre quando a média de 5 meses da variação interanual é de pelo menos 0,1 metro maior ou menor que a tendência de longo prazo. Quando a média de 5 meses está mais de 0,1 metros acima da tendência, ela é indicada no mapa em vermelho como uma anomalia positiva. Quando está mais de 0,1 metros abaixo da tendência, é representado em azul como uma anomalia negativa.

No ano de 2015, as anomalias positivas estiveram presentes desde setembro, com um único ponto de anomalia positiva localizado na costa leste da Georgia, até dezembro que apresentou maior quantidade de anomalias positivas, no qual estiveram presentes em toda a costa de Atlanta, costa oeste da Florida até Houston-Texas (Figura 26).

Em 2016, as anomalias positivas ocorreram durante todo o ano, a maior quantidade de anomalias ocorreu nos primeiros 3 meses do ano, sendo janeiro o mês que apresentou mais anomalias positivas (Figura 27).

Em 2017, ocorreu a menor quantidade de anomalias positivas, em janeiro e fevereiro apareceram algumas anomalias no noroeste do Golfo do México. As anomalias só voltaram aparecer em agosto, ocorrendo até novembro em apenas um único ponto de anomalia positiva (Figura 28).

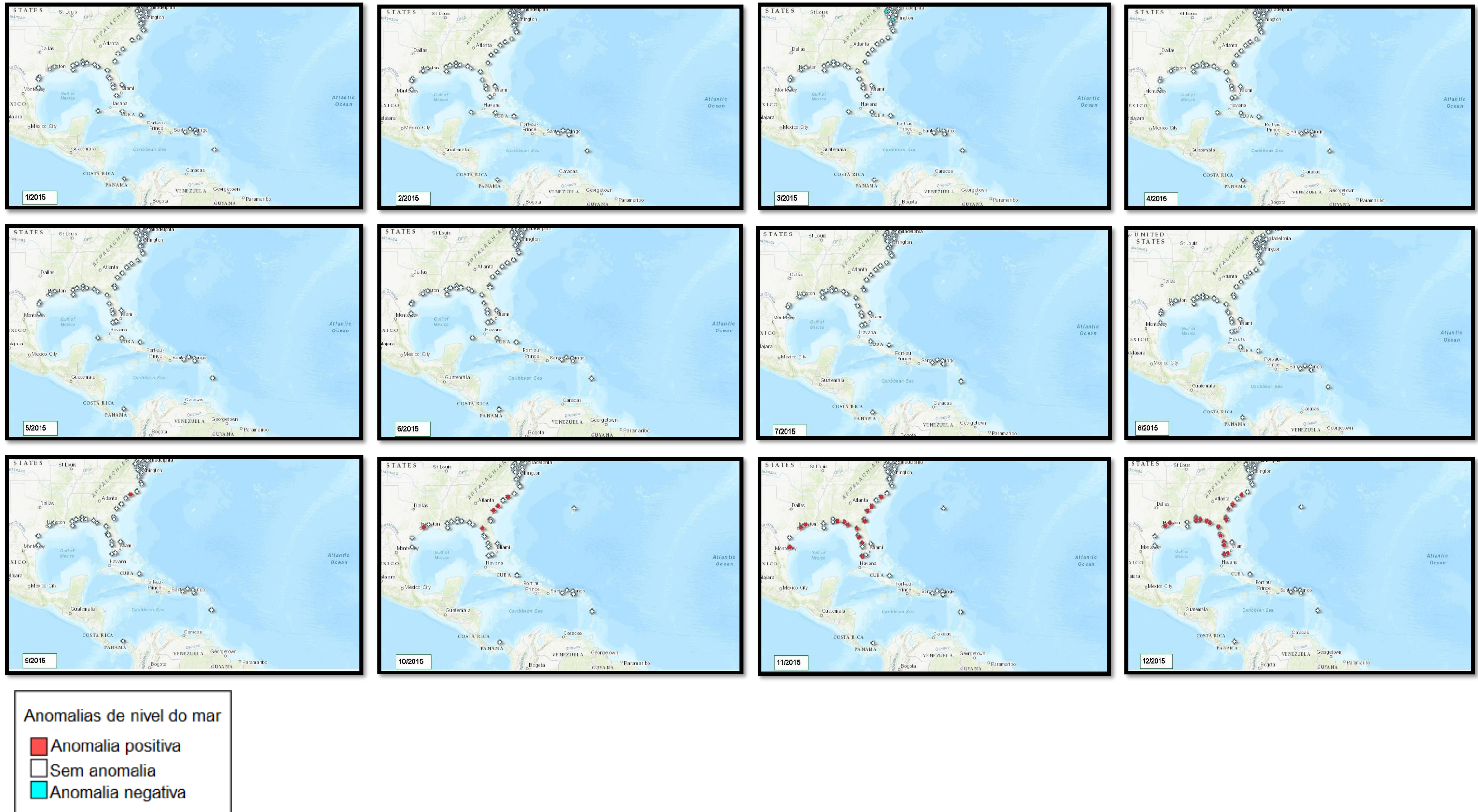
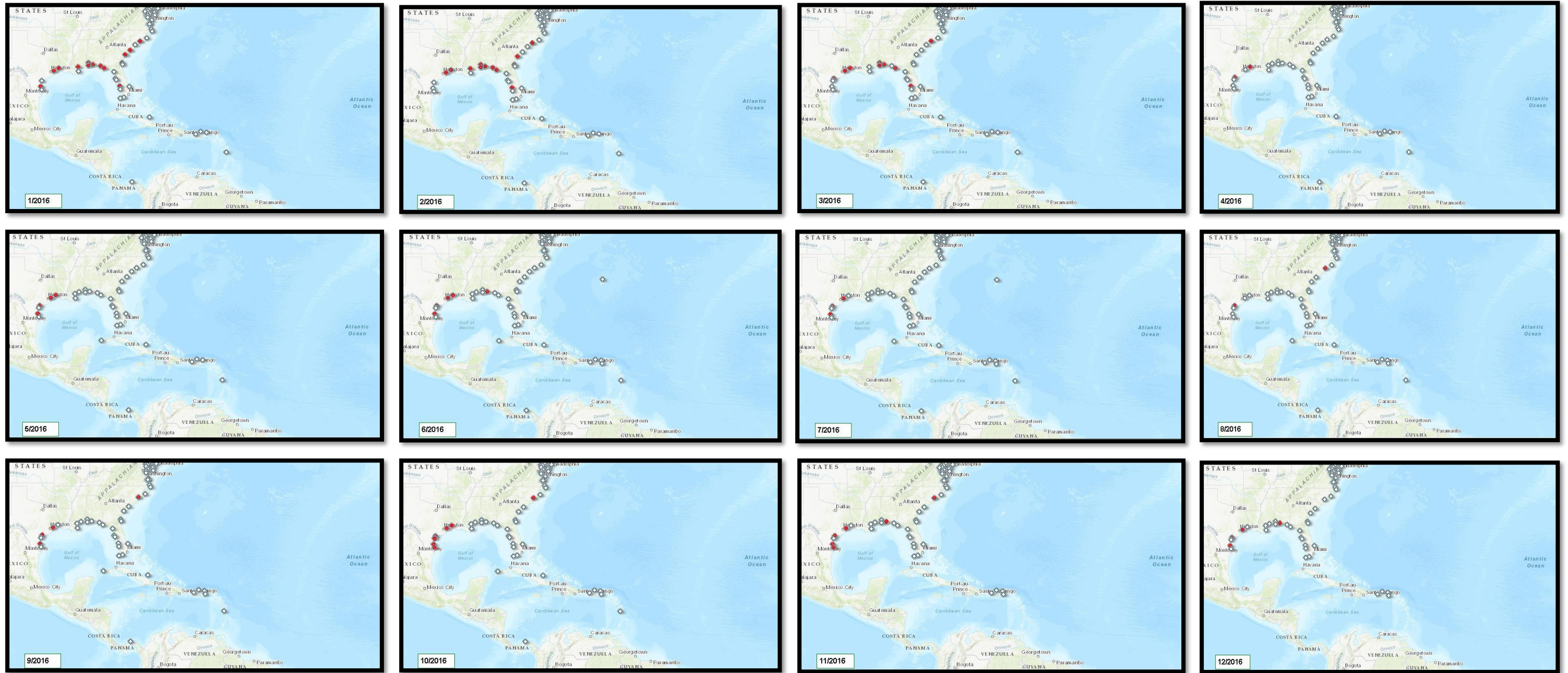


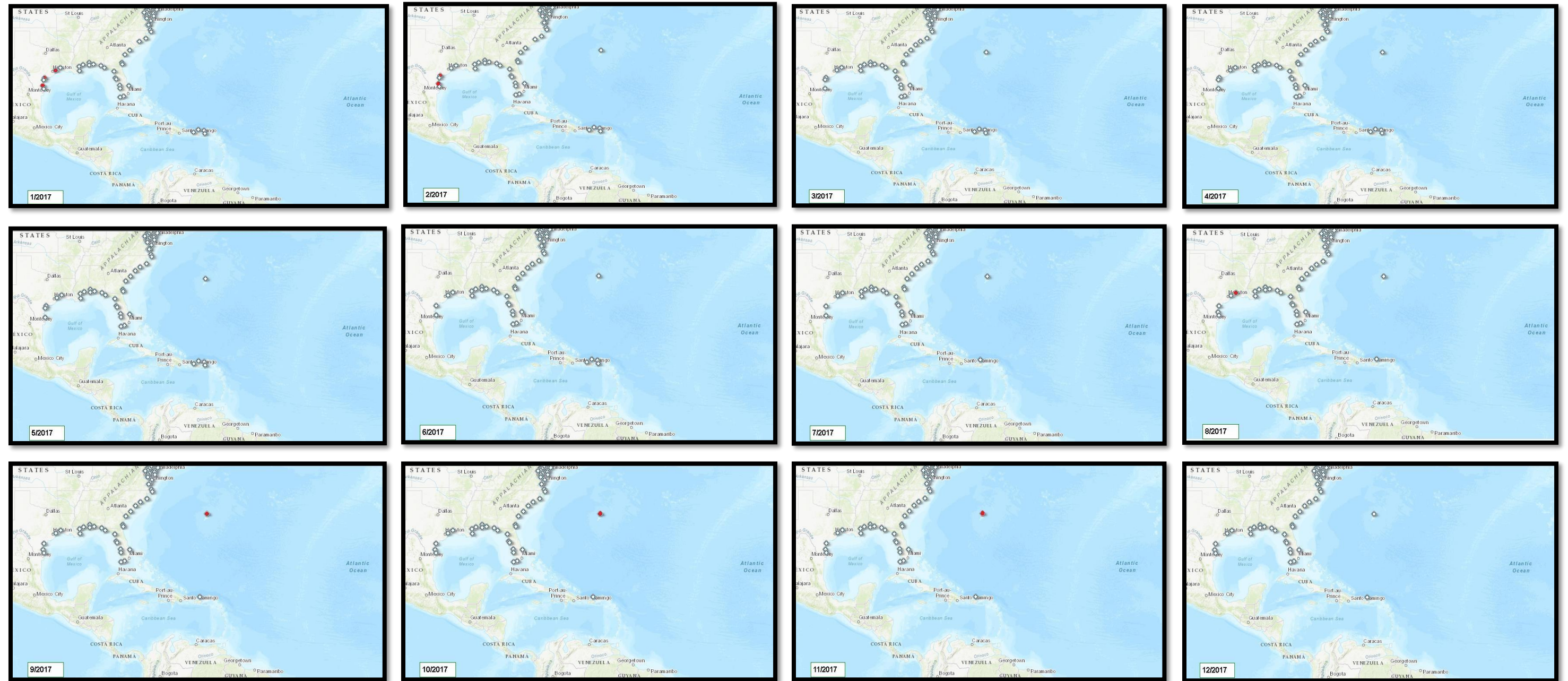
Figura 26- Mapa representando as anomalias do nível do mar no ano de 2015.



Anomalias de nível do mar

- Anomalia positiva
- Sem anomalia
- Anomalia negativa

Figura 27- Mapa representando as anomalias do nível do mar no ano de 2016.



Anomalias de nível do mar

- Anomalia positiva
- Sem anomalia
- Anomalia negativa

Figura 28- Mapa representando as anomalias do nível do mar no ano de 2017.

## 6.5 TRAJETÓRIAS DOS FURACÕES

### 6.5.1 Trajetórias em 2015

Neste tópico será descrita a trajetória dos furacões durante o ano de 2015, sua origem, categoria e por quais continentes percorreu (Figura 29).

- **Furacão Fred**

Formou-se a partir de uma onda tropical que emergiu da costa oeste da África em 29 de agosto. Se desenvolveu na costa de Cabo Verde e seguiu em direção ao centro do Atlântico Norte finalizando a sua trajetória.

- **Furacão Joaquin**

Se formou próximo de Bahamas, se deslocou em direção a Cuba quando encontrou uma depressão de médio e alto nível ao leste dos Estados Unidos que causou o desvio de sua rota em direção a Bahamas, atingindo várias ilhas. Após atingir as Bahamas, Joaquin se deslocou para o norte-nordeste sobre o Atlântico ocidental, ao decorrer disso o furacão perdeu força se tornando uma tempestade tropical, devido a diminuição da temperatura da superfície do mar e aumento do cisalhamento do vento. E ao se aproximar da costa de Portugal alcança a categoria máxima da escala e se dissipa.

- **Furacão Danny**

Este furacão desenvolveu-se a partir de uma onda tropical vigorosa que se afastou da costa da África Ocidental em direção ao Atlântico, onde se desenvolveu alcançando categoria 3, e ao se aproxima de Barbuda perdeu força e se dissipou.

- **Furacão Kate**

O desenvolvimento de Kate foi associado a uma onda tropical; tal desenvolvimento tão tardio na temporada é raro, mas não sem precedentes. Se desenvolveu uma depressão tropical próximo as Ilhas Turcas e Caicos, localizadas ao norte da República Dominicana, ao se aproximar de Bahamas esta depressão se transformou em tempestade tropical. A partir disso se deslocou para noroeste e norte de Bermudas atingindo estágio de furacão e continuou se intensificando. Após esse período o furacão encontrou forte cisalhamento e águas geladas, se transformando em um ciclone extratropical, que logo depois foi absorvido por um ciclone maior sobre o Atlântico Norte.

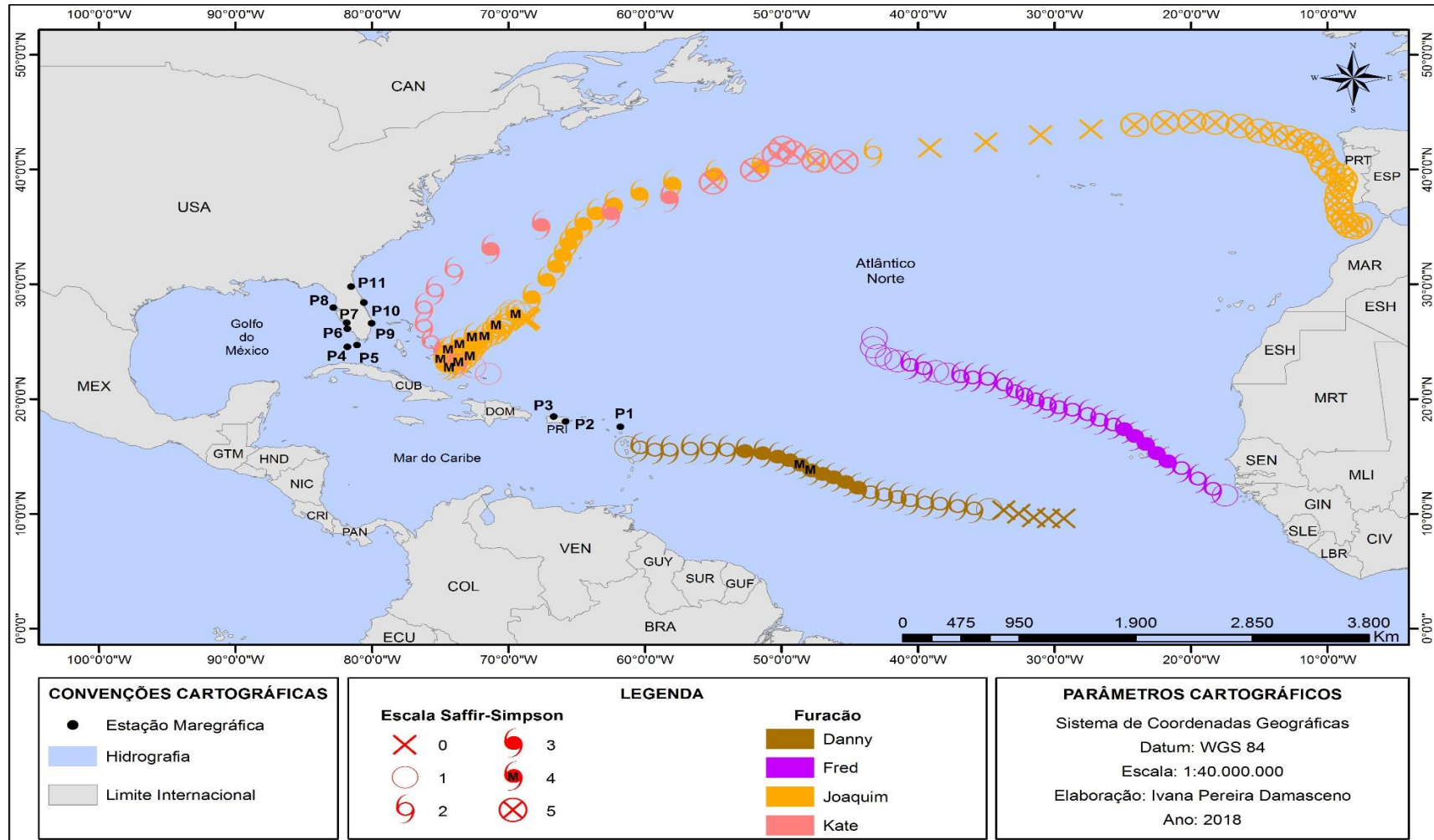


Figura 29- Mapa contendo as trajetórias dos furacões de 2015 e as estações maregráficas, evidenciando a ocorrência dos furacões e seus estágios de evolução.

### 6.5.2 Trajetórias em 2016

Neste tópico serão descritas as trajetórias dos 7 furacões que ocorreram em 2016, assim como sua origem e seus estágios, relacionando-os com os pontos distribuídos na região costeira dos continentes (Figura 30).

- **Furacão Gaston**

Se formou na costa oeste do continente africano e se deslocou para o centro do Atlântico Norte sem atingir as ilhas existentes.

- **Furacão Alex**

Se inicia próximo a Bahamas e se desloca para o leste central do oceano Atlântico alcançando os maiores valores da escala, após isso houve deslocamento de sua trajetória para o norte-noroeste do Atlântico.

- **Furacão Hermine**

Este furacão se formou próximo a Key West, sudeste da Florida, deslocou-se ao norte do Golfo de México e adentrou o continente norte americano, atingindo a Florida e atravessando Geórgia, Carolina do Sul e Carolina do Norte como uma tempestade tropical e, em seguida, serpenteou pela costa Americana até se encerrar em Boston.

- **Furacão Earl**

Esse furacão se formou no mar do Caribe próximo a Jamaica, se deslocou para oeste atingindo a costa de Belize e o extremo nordeste da Guatemala, e encerrou a sua trajetória se tornando uma depressão tropical no sudeste do México.

- **Furacão Otto**

Se formou no sudoeste do Mar do Caribe, se deslocou para oeste, atingindo o sul da Nicarágua e o norte da costa rica, e seguindo em direção ao pacífico norte na forma de uma tempestade tropical.

- **Furacão Nicole**

O furacão Nicole se formou entre a ilha de Bermuda e Porto Rico, seguiu para norte do Atlântico e depois para nordeste, alcançando a categoria 4, ao atingir bermuda apresenta categoria 2 e segue em direção ao norte do Atlântico Norte, onde se encerra.

- **Furacão Matthew**

Se formou a noroeste de Barbados, se deslocou para noroeste atingindo como um forte furacão a costas do sudoeste do Haiti, extremo leste de Cuba e oeste de Bahamas e costa leste da Florida.



### 6.5.3 Trajetórias em 2017

Aqui serão expostas as trajetórias, a origem e os estágios dos 5 furacões que tiveram ocorrência registrada no ano de 2017. (Figura 31)

- **Furacão Lee**

Não atingiu as ilhas do Atlântico sua trajetória ocorreu mais ao centro do Atlântico Norte.

- **Furacão Katia**

Não atingiu as ilhas do Atlântico Norte, sua trajetória se restringiu a oeste do golfo do México.

- **Furacão Jose**

Atingiu a ilha de Barbuda e o país de Porto Rico, alcançando as maiores categorias da escala nesses pontos.

- **Furacão Irma**

Se formou na costa oeste da África e se deslocou por todo o Atlântico Norte até chegar no estado de Atlanta, em sua trajetória atingiu Barbuda, Porto Rico, Cuba, e ao chegar nos EUA adentrou o continente, atingindo a Florida e chegando até Atlanta.

- **Furacão Harvey**

No início de sua trajetória, esteve próximo a ilhas de Barbuda e Porto Rico, após isso apresentou um intervalo e se iniciou novamente no noroeste do Golfo do México, chegando a adentrar o continente norte americano e a atingir o estado de Dallas.

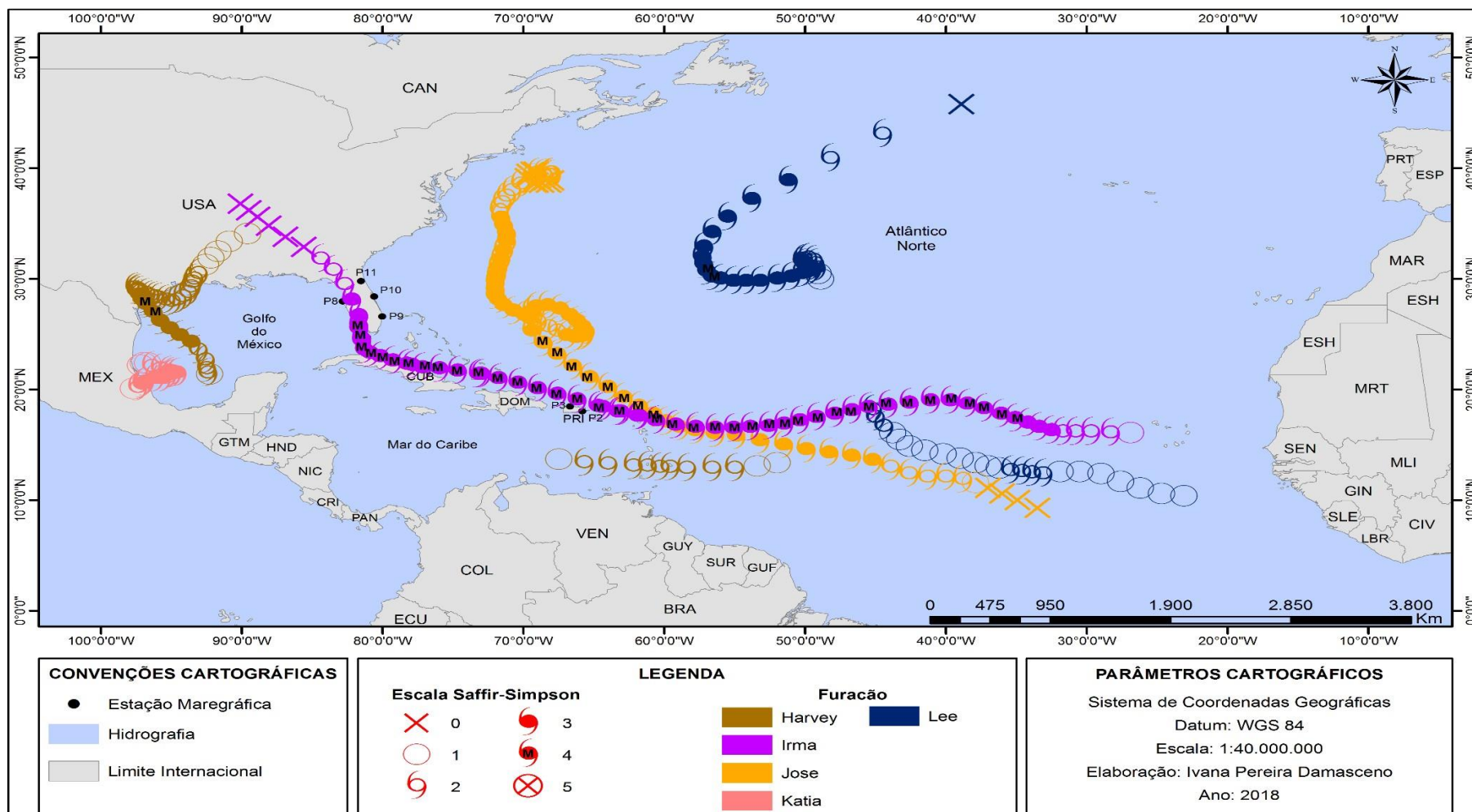


Figura 31- Mapa contendo as trajetórias dos furacões de 2017 e as estações maregráficas, evidenciando a ocorrência dos furacões e seus estágios de evolução.

## 6.6 ONDELETAS

As ondeletas de coerência foram utilizadas para identificar a coerência entre os sinais dos dados de nível d'água previsto e observado, assim verificar em qual banda de frequência os dados estavam relacionados. O nível de coerência é representado por uma escala de 1 a 0, sendo 1 a maior coerência e 0 sem coerência. As marés, na área de estudo, estão em uma frequência de ocorrência entre os períodos diurnos e semidiurnos; e a falta de coerência nesse período será identificada como efeito de rebaixamento ou elevação do nível d'água devido a existência de um furacão. As setas presentes no gráfico são referentes as fases relativas dos dados, no qual quando apontadas para a direita indicam que os dados estão em fase e quando apontadas para a esquerda indicam que os dados estão fora de fase.

### 6.6.1 Ano de 2015

- **Furacão Danny**

No furacão Danny, é observado que os pontos localizados em Barbuda e em Porto Rico apresentaram falta de coerência durante uma pequena faixa do período diurno durante a ocorrência do furacão, podendo ter ocorrido elevação ou rebaixamento do nível d'água.

Entre os pontos localizados na margem oeste da Florida foi verificado que houve falta de coerência entre os dados durante quase todo o período diurno, principalmente durante a ocorrência do furacão, evidenciando que houve grande rebaixamento ou elevação inesperada nessa região, a maior falta de coerência foi identificada no P7, ocorrendo no período semidiurno e durante toda a série temporal, indicando efeitos maiores de elevação ou rebaixamento.

Dentre os pontos da margem Oeste, é observado que houve falta de coerência entre os dados principalmente no período diurno e antes da ocorrência do furacão., no P3 foi verificada a menor coerência entre os dados, entre o período diurno e semidiurno especificamente após a ocorrência da furacão (Figura 32).

## Furacão Danny

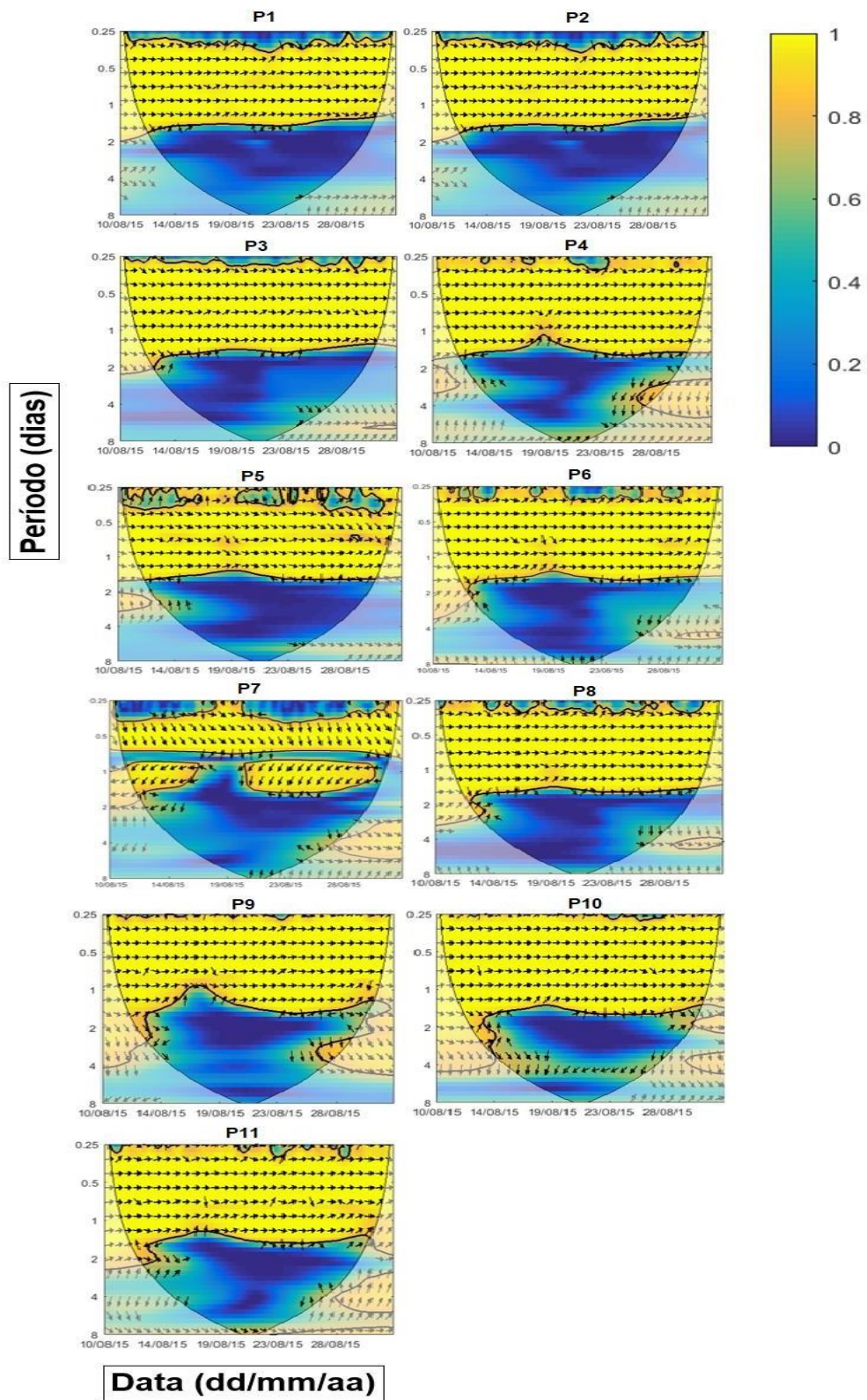


Figura 32- Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11 do furacão Danny/2015.

- **Furacão Fred**

Nos pontos localizados em Barbuda e Porto Rico foi verificado uma pequena falta de coerência na faixa do diurno durante toda a série temporal, principalmente antes da ocorrência do furacão.

Entre os pontos da margem oeste da Florida houve predominância de uma pequena falta de coerência durante toda a série temporal em parte do período diurno, o P5 se destacou devido à grande incoerência entre os dados em toda a falta do diurno e semidiurno após a passagem de Fred.

Em relação aos pontos da margem leste, todos os pontos se comportaram de maneira semelhante, apresentado uma pequena falta de coerência no período do diurno antes da ocorrência do furacão (Figura 33).

## Furacão Fred

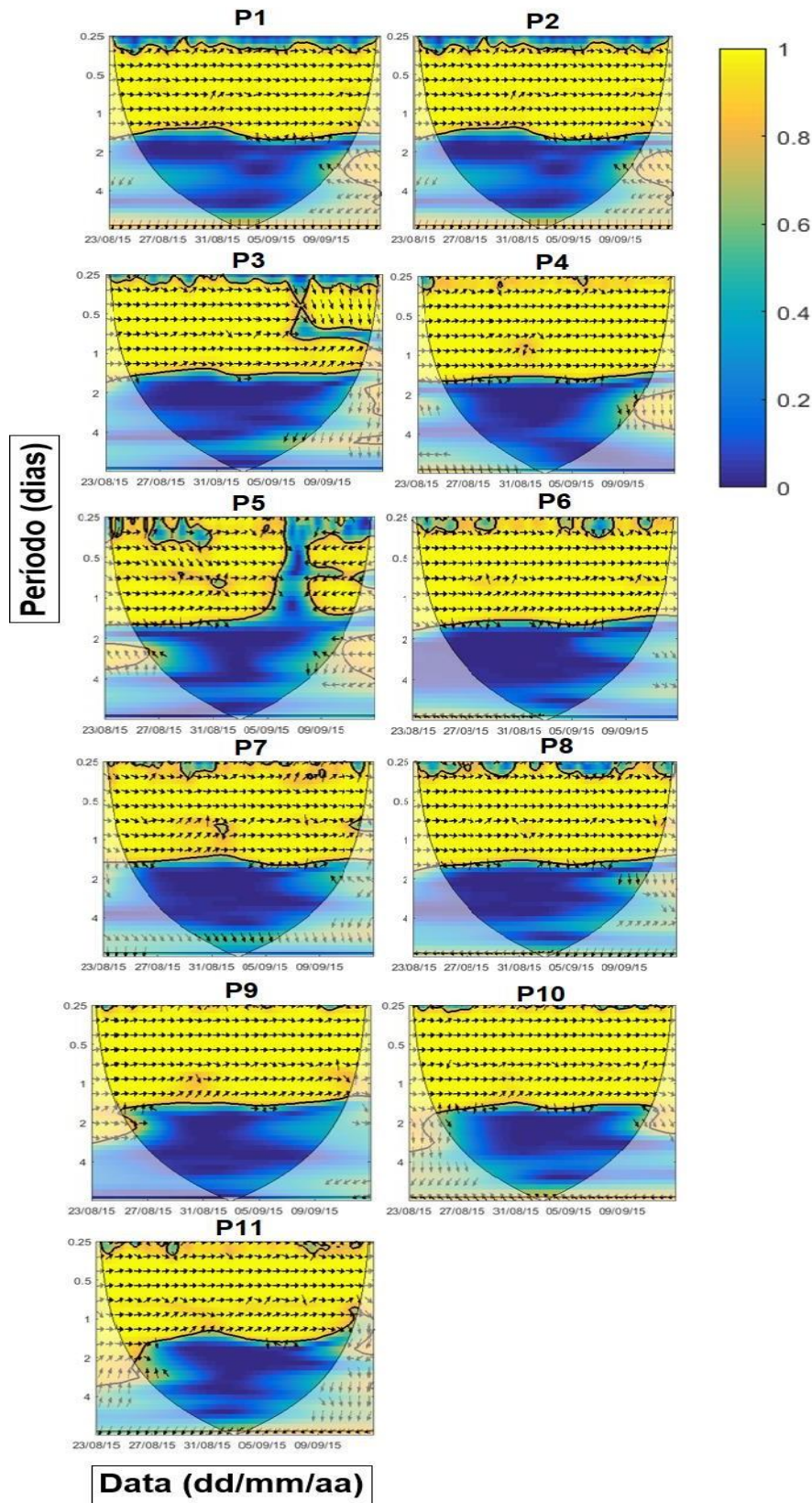


Figura 33- Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11 do furacão Fred/2015.

- **Furacão Kate**

Entre os pontos localizados em Porto Rico, foi observada falta de coerência principalmente antes da ocorrência d furacão, no P2 ocorre grande incoerência de dados desde o período 0,25 até aproximadamente 1(diurno), no P3 a incoerência é bem menor e ocorre na faixa do diurno.

Entre os pontos da margem oeste da Florida, todos os pontos apresentaram uma pequena falta de coerência durante o período diurno durante toda a série temporal.

Os pontos da margem leste apresentaram uma pequena incoerência antes da ocorrência do furacão na faixa do diurno (Figura 33).

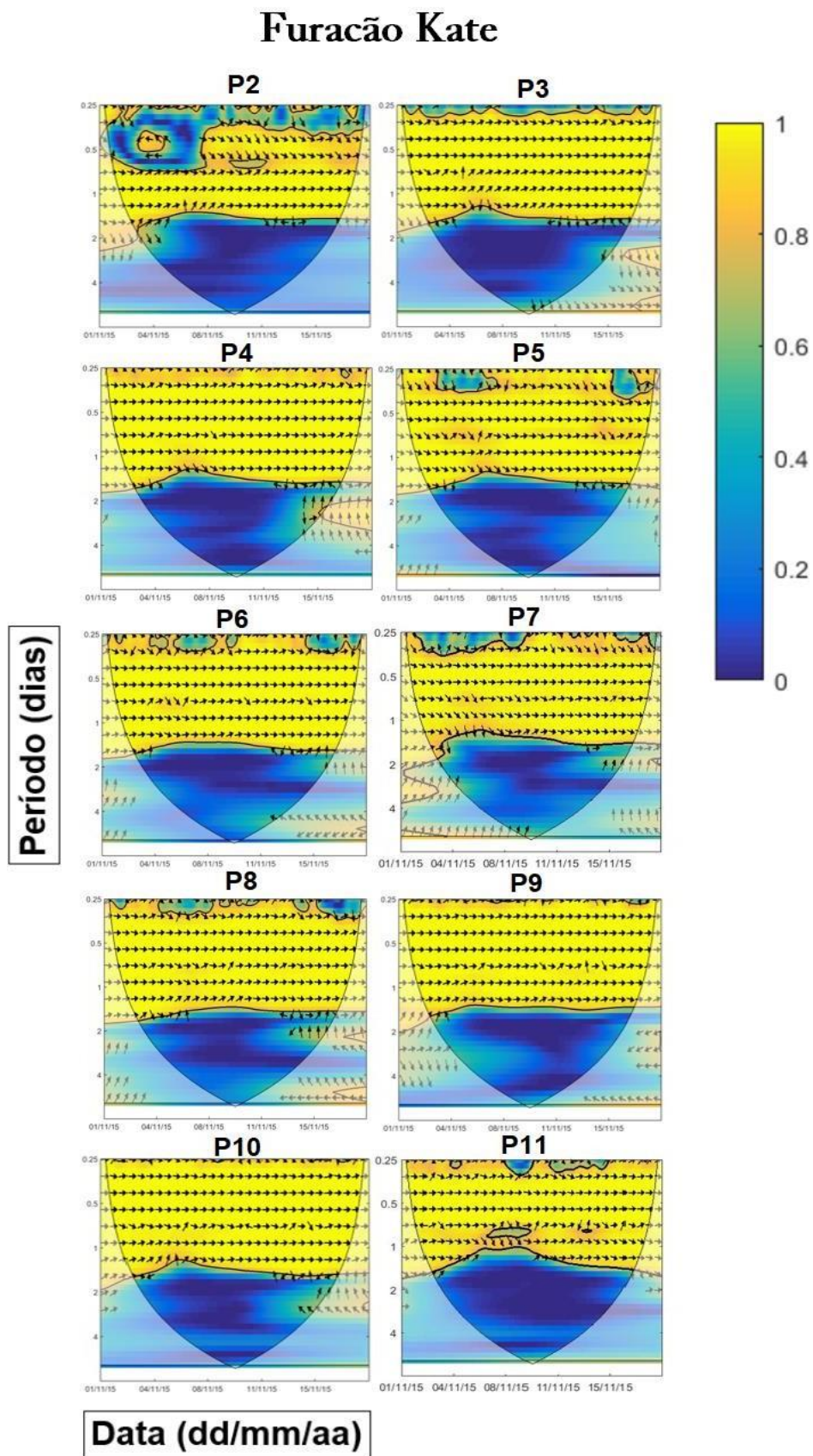


Figura 33- Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11 do furacão Kate/2015.

- **Furacão Joaquin**

Em P2 a incoerência apareceu de forma acentuada na frequência do semidiurno durante a ocorrência efetiva do furacão, em P3 a incoerência na frequência do diurno e ocorreu após a passagem do furacão, ambos situados em Porto Rico.

Nos pontos da margem oeste da Florida, a incoerência ocorreu na faixa de frequência do diurno e do semidiurno após a passagem do furacão Joaquin, os pontos da margem leste da Florida se comportaram de maneira semelhante (Figura 34).

## Furacão Joaquin

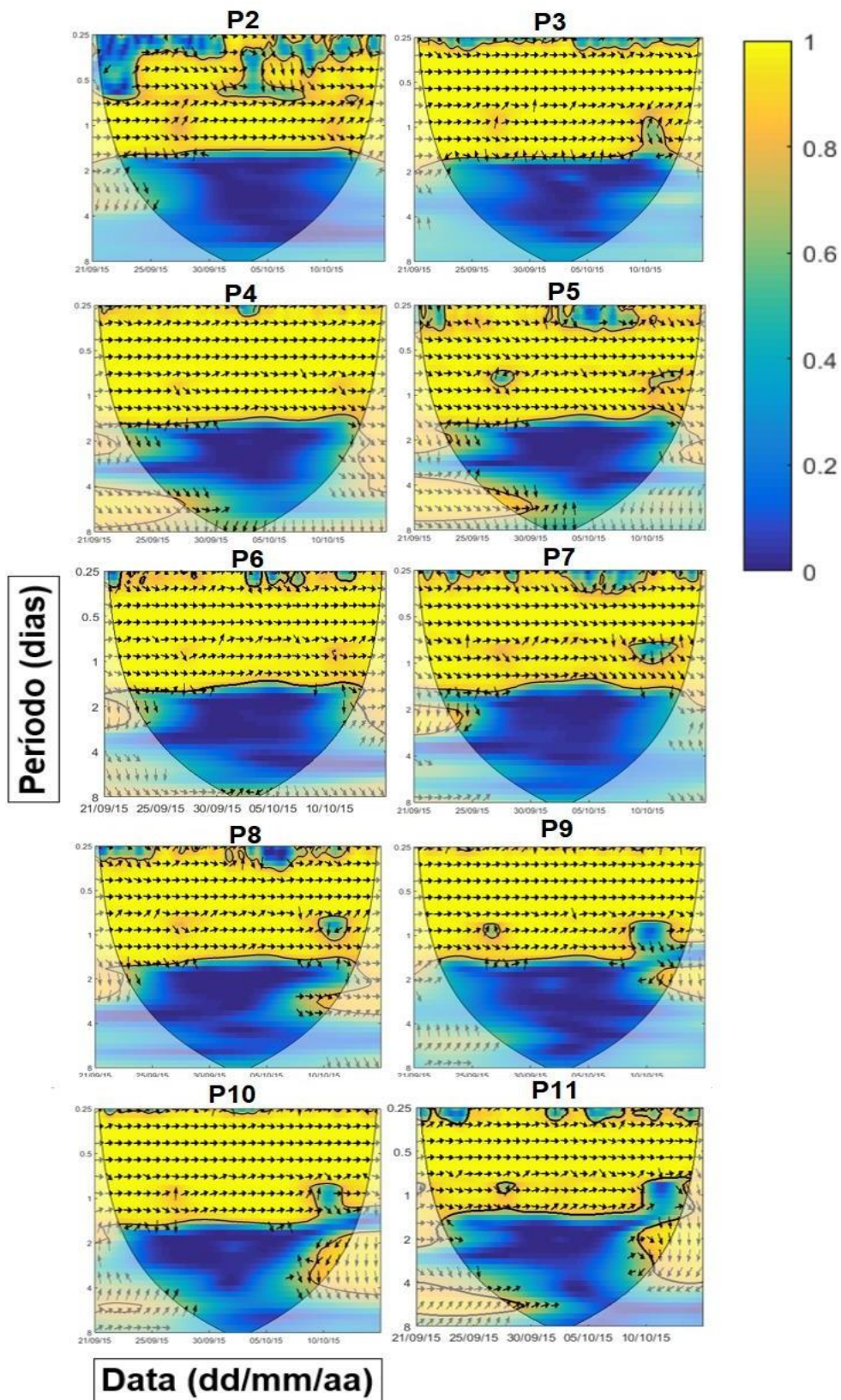


Figura 34- Análise de ondeletas de coerência dos pontos de 2 a 11 do furacão Joaquin/2015.

### **6.6.2 Ano 2016**

- **Furacão Alex**

No furacão Alex foi observada uma leve falta de coerência após a ocorrência do furacão no período semidiurno nos pontos localizados em Porto Rico.

Entre os pontos situados na margem oeste da Florida, é identificada grande incoerência dos dados durante e após a ocorrência do furacão no período de diurno e semidiurno

Entre os pontos da margem leste da Florida, os pontos 9 e 10 apresentaram grande coerência enquanto que o ponto 11 foi verificada incoerência de dados durante e após a passagem do furacão desde o período 0,5(semidiurno) até 4 dias (Figura 35).

## Furacão Alex

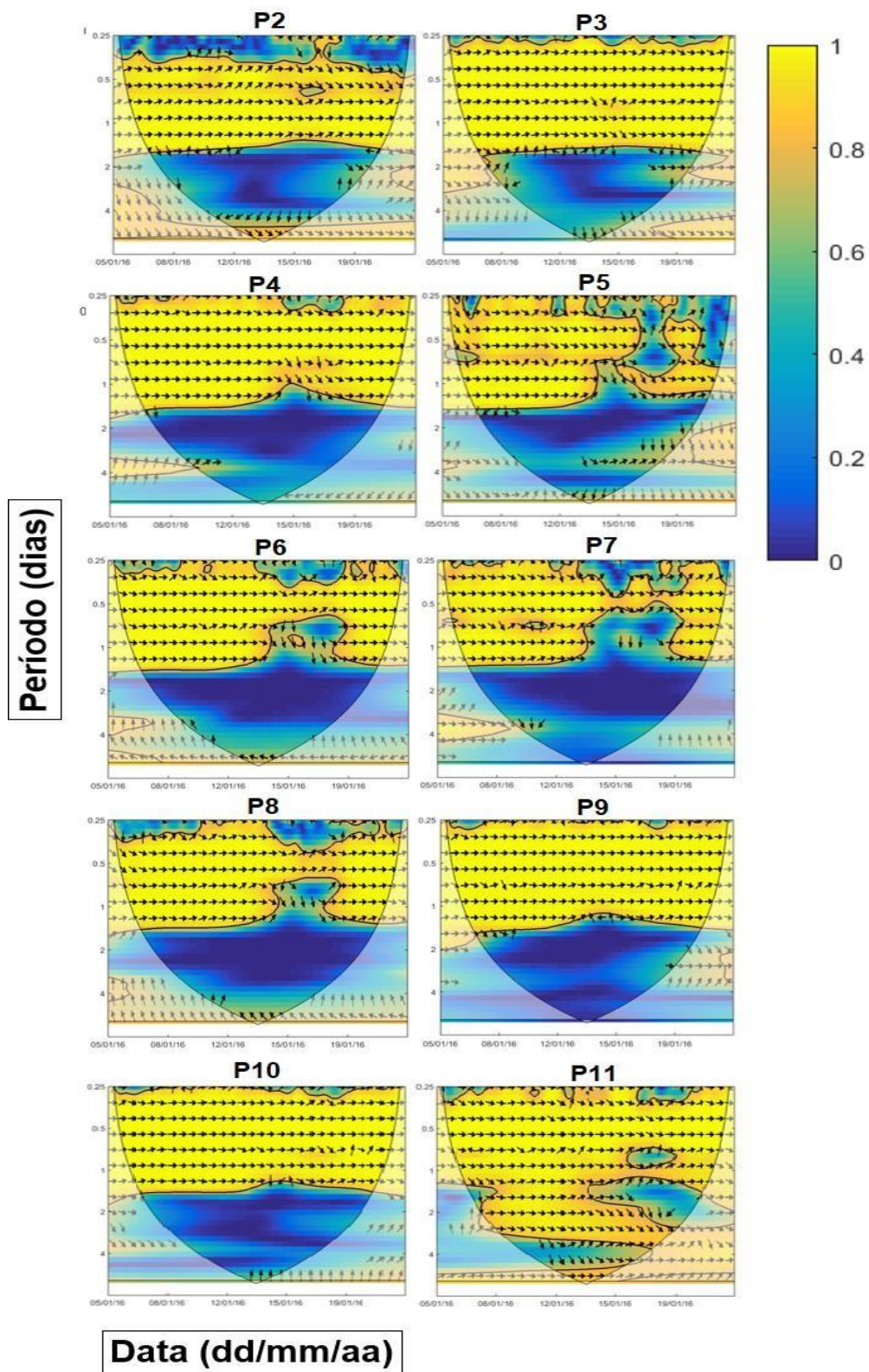


Figura 35- Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11 do furacão Alex/2016.

- **Furacão Earl**

Nos pontos localizados em Porto Rico, em P2 é observada a incoerência dos dados durante o período semidiurno antes da ocorrência do furacão Earl, e em P3 a incoerência é identificada no período diurno e após a passagem de Earl.

Entre os pontos da margem leste da Florida, foi constatada a falta de coerência no período diurno após a ocorrência do furacão, sendo mais acentuada no ponto 6, 7 e 8. Na margem leste, o comportamento dos dados se mostrou semelhante a margem oeste, no entanto a incoerência se mostrou expressivamente maior que todos os outros pontos, durante o período semidiurno e diurno (Figura 36).

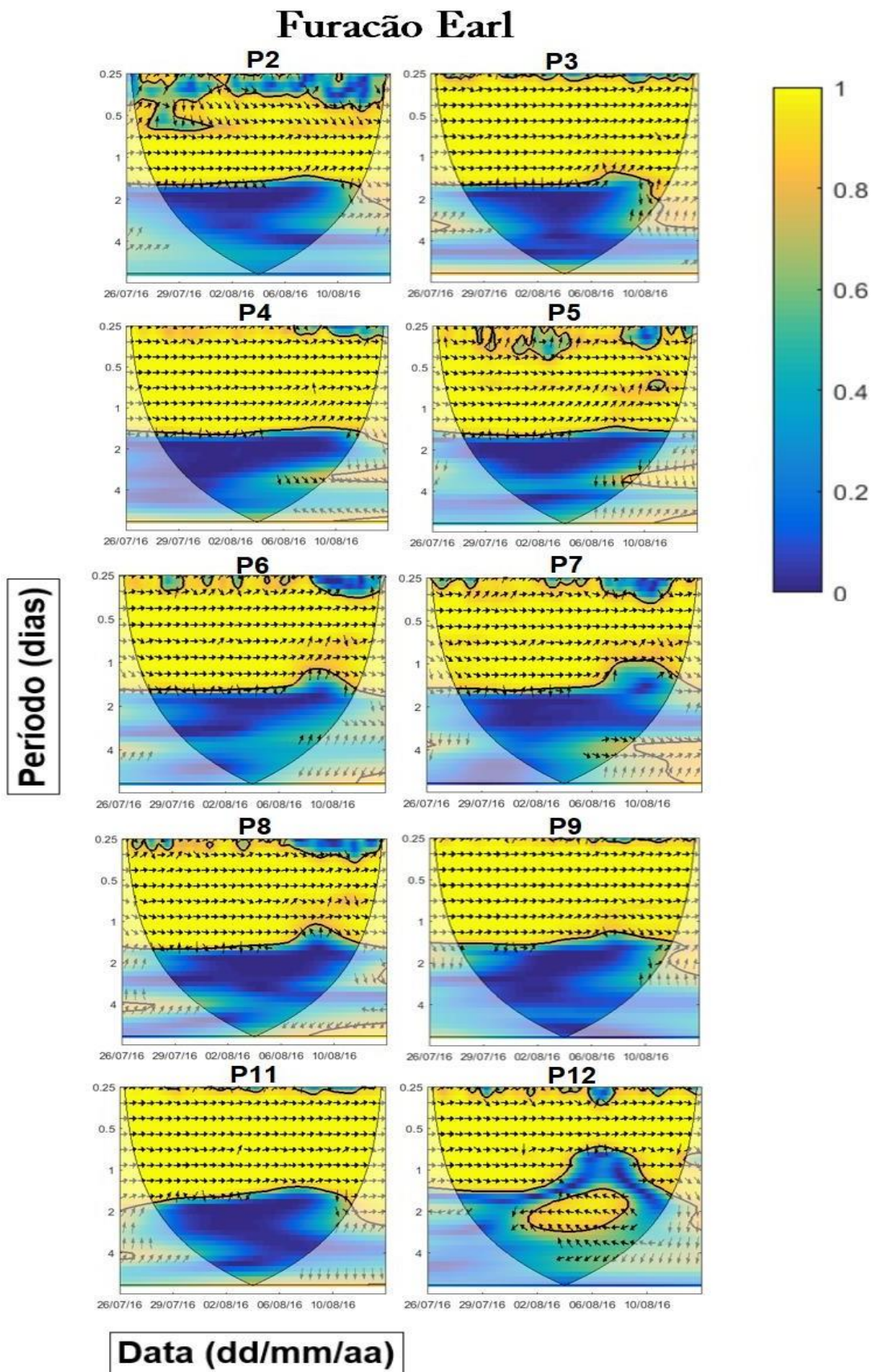


Figura 36- Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11 do furacão Earl/2016.

- **Furacão Gaston**

Entre os pontos situados em Porto Rico, P2 apresenta incoerência de dados na frequência do semidiurno durante a ocorrência do furacão e P3 apresenta uma pequena incoerência na frequência do diurno após a passagem de Gaston.

Entre os pontos localizado na margem oeste da Florida, P4 apresentou leve incoerência no período do diurno após a ocorrência do furacão, P5 se mostrou incoerente do período do diurno durante a ocorrência de Gaston; P6, P7 e P8 apresentaram falta de coerência entre os dados durante o período do diurno e semidiurno no final da ocorrência do furacão. Assim como os pontos da margem oeste, os pontos da margem leste da Florida apresentaram incoerência dos dados no período do diurno e semidiurno no final da ocorrência de Gaston, sendo essa incoerência mais expressiva nos pontos 9 e 11 (Figura 37).

## Furacão Gaston

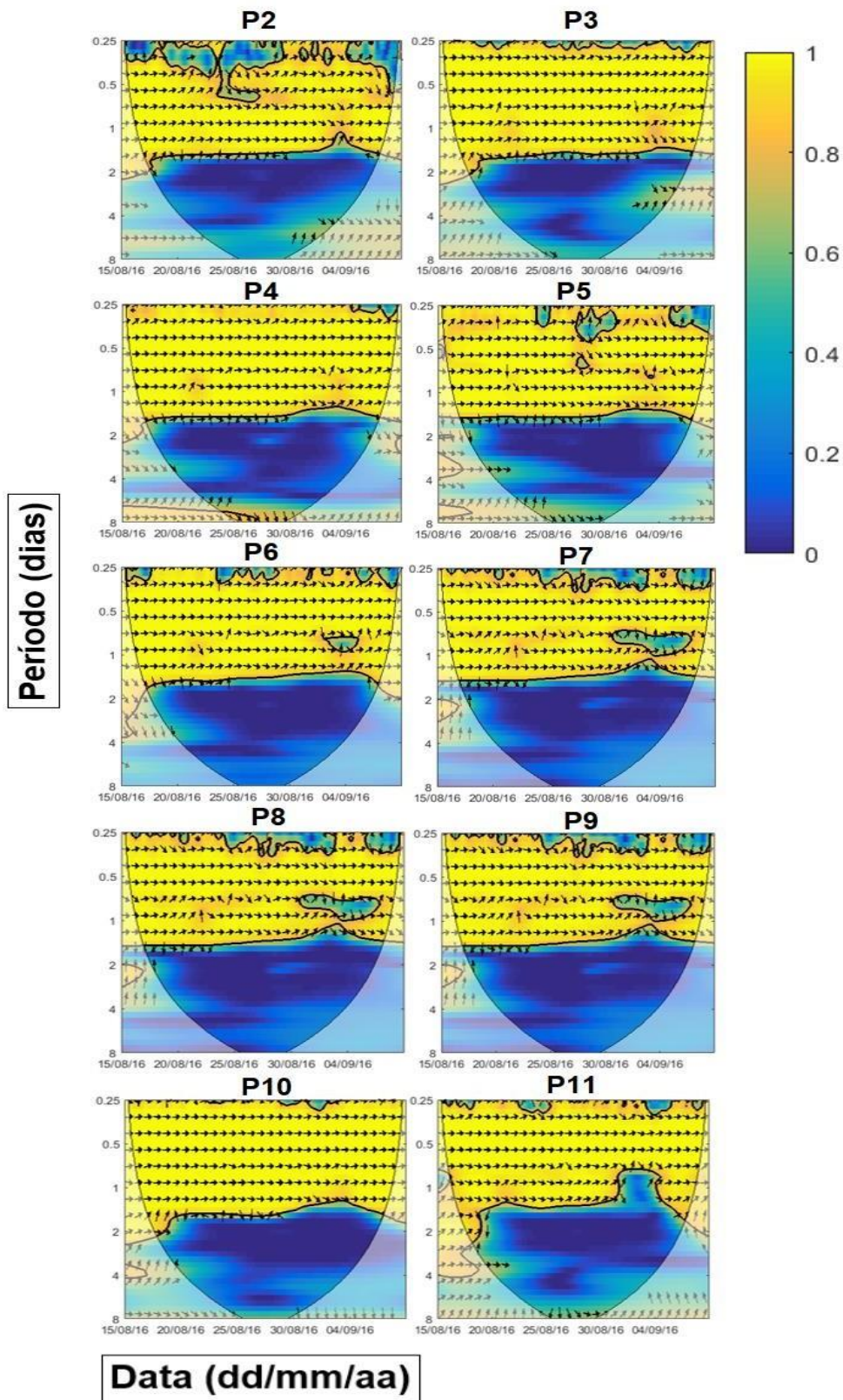


Figura 37- Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11 do furacão Gaston/2016.

- **Furacão Hermine**

Entre os pontos de Porto Rico, P2 apresentou falta de coerência no período do semidiurno durante toda a série temporal, P3 apresentou uma pequena falta de coerência após a ocorrência do furacão no período do diurno.

Todos os pontos situados na margem oeste da Florida apresentaram incoerência de dados os período do diurno e do semidiurno no final e após a ocorrência de Hermine, sendo mais evidente nos pontos 7 e 8. Na margem leste da Florida o comportamento foi semelhante, apresentando incoerência no final e após a ocorrência do furacão na frequência do diurno e semidiurno, sendo mais evidente no P11 (Figura 38).

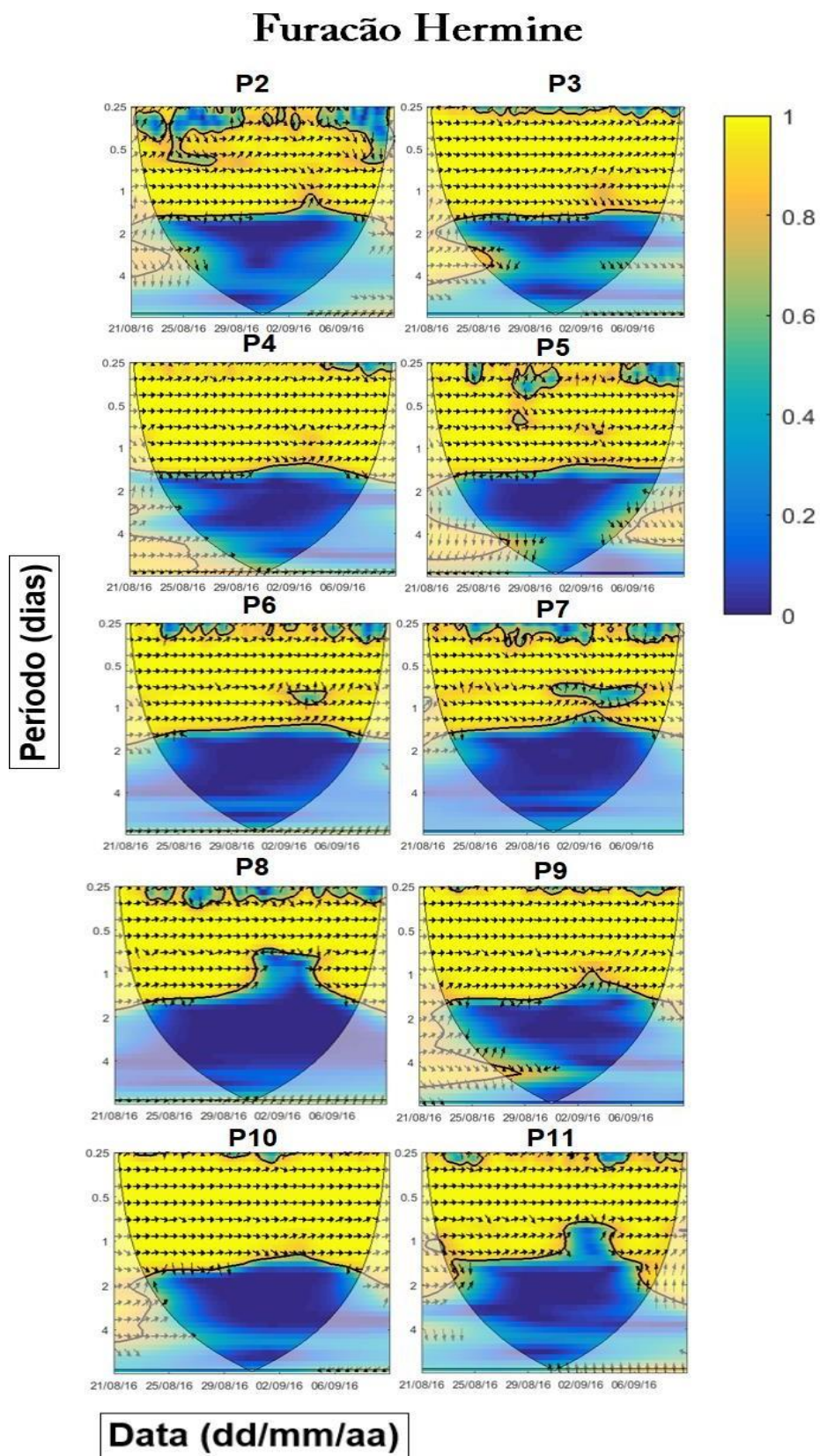


Figura 38- Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11 do furacão Hermine/2016.

- **Furacão Matthew**

Nos pontos situados em Porto Rico é possível observar a incoerência dos dados na frequência do diurno e semidiurno durante a ocorrência de Matthew. Entre os pontos da margem oeste da Florida, é observada uma falta de coerência entre os dados principalmente no período do semidiurno em toda a série temporal, sendo a incoerência mais acentuada nos 6 e 7.

Entre os pontos da margem leste da Florida, é perceptível grande incoerência dos dados período do diurno e do semidiurno, ocorrendo principalmente durante a passagem do furacão Matthew (Figura 39).

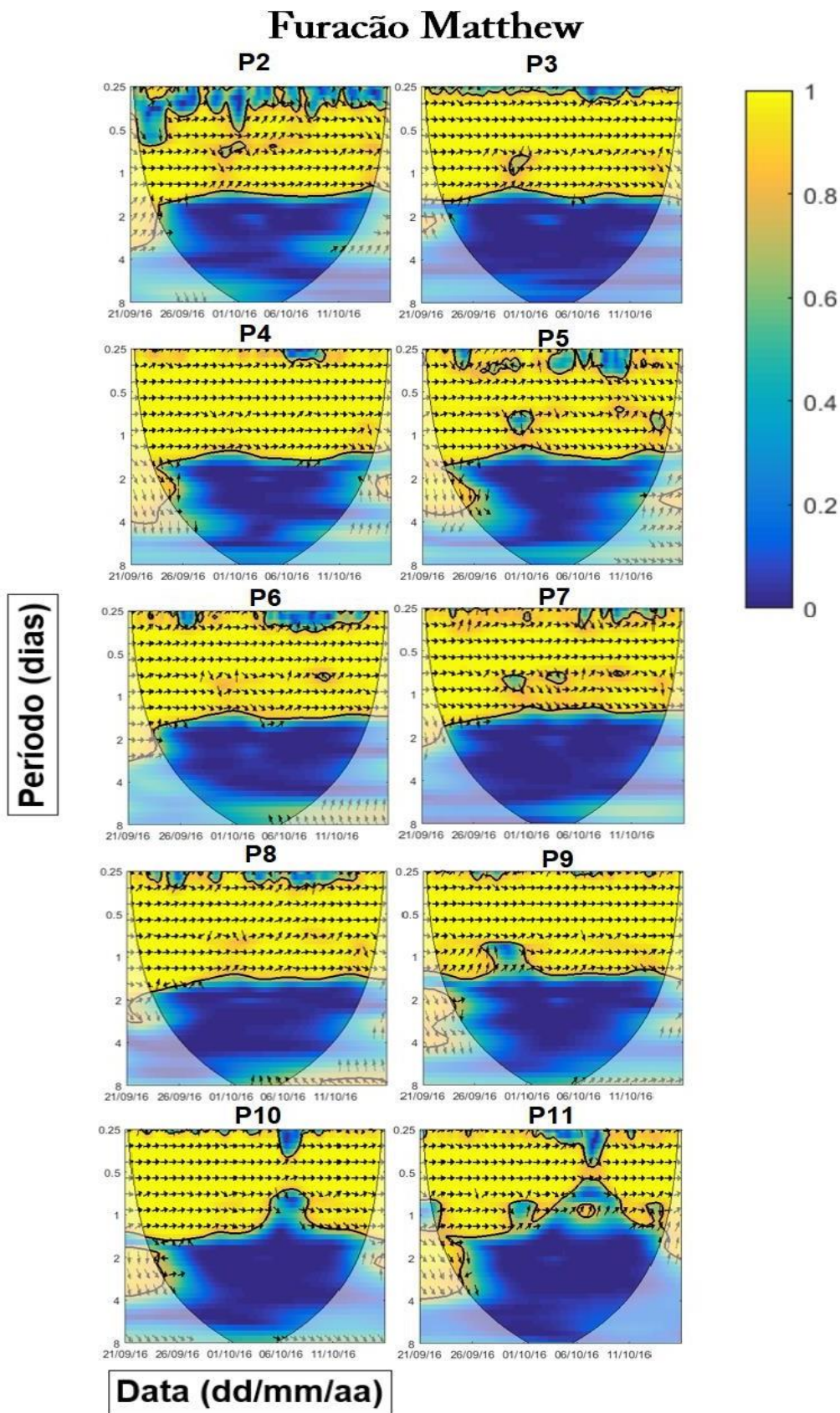


Figura 39- Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11 do furacão Matthew/2016.

- **Furacão Nicole**

Dentre os pontos localizados em Porto Rico, a incoerência ocorre durante toda a série temporal na frequência de 0,5 e 1 dia, sendo mais acentuada antes da passagem do furacão.

Nos pontos situados na Florida, os da margem oeste apresentara falta de coerência entre os dados na frequência do diurno e do semidiurno, principalmente antes da ocorrência de Nicole; os pontos da margem leste, mostraram grande incoerência entra os dados desde a frequência de 0,5 até 4, durante toda a série temporal, sendo mais evidenciada no ponto 11 (Figura 40).

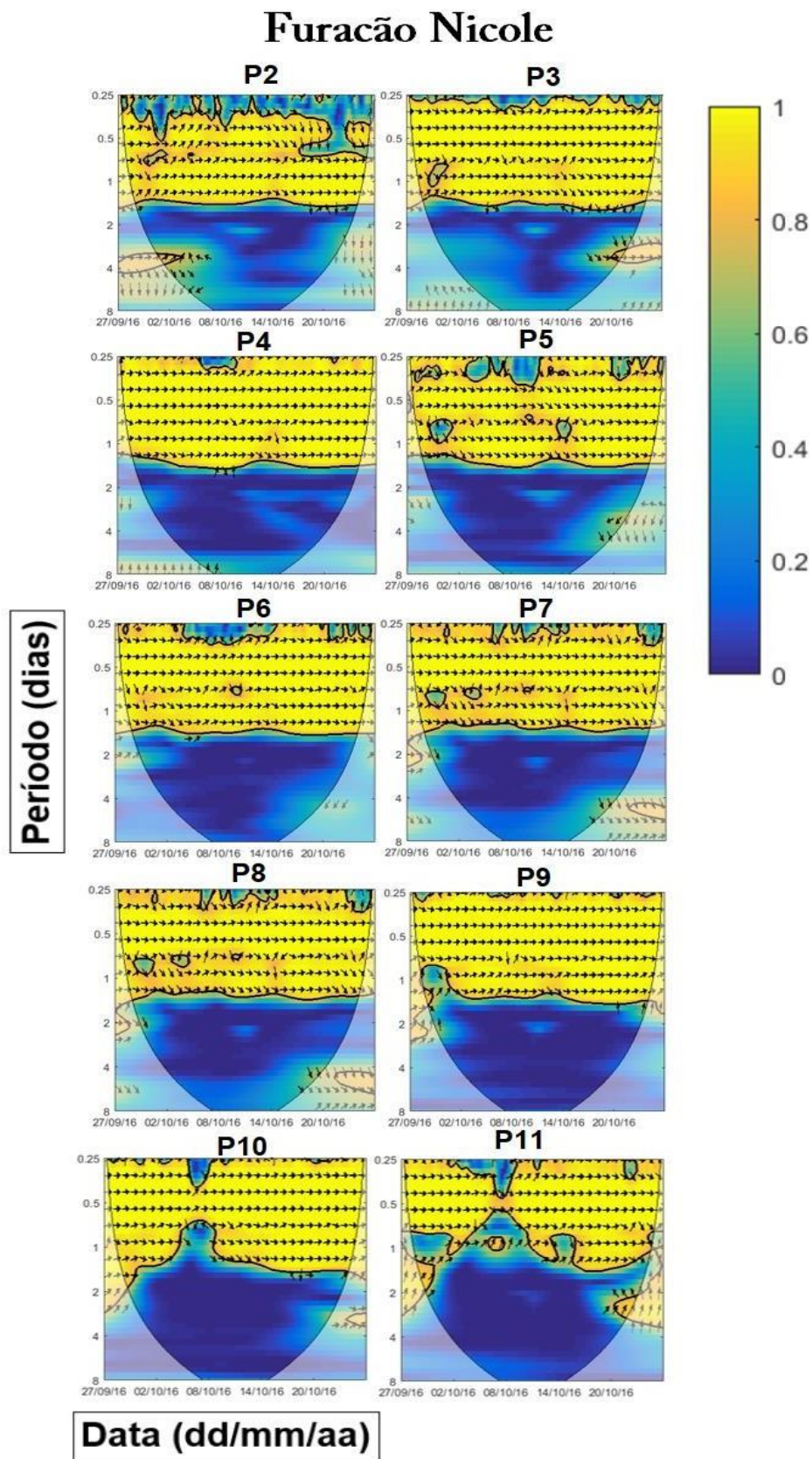


Figura 40- Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11 do furacão Nicole/2016.

- **Furacão Otto**

Entre os pontos localizados em Porto Rico, P2 apresentou falta de coerência entre os dados na frequência do semidiurno antes da ocorrência efetiva do furacão, enquanto que P3 apresentou uma leve incoerência entre os sinais na frequência do diurno durante a ocorrências de Otto.

Os pontos da margem oeste e leste da Florida apresentaram padrão semelhante ao P3, com uma pequena incoerência entre os sinais no período diurno durante a passagem do furacão (Figura 41).

## Furacão Otto

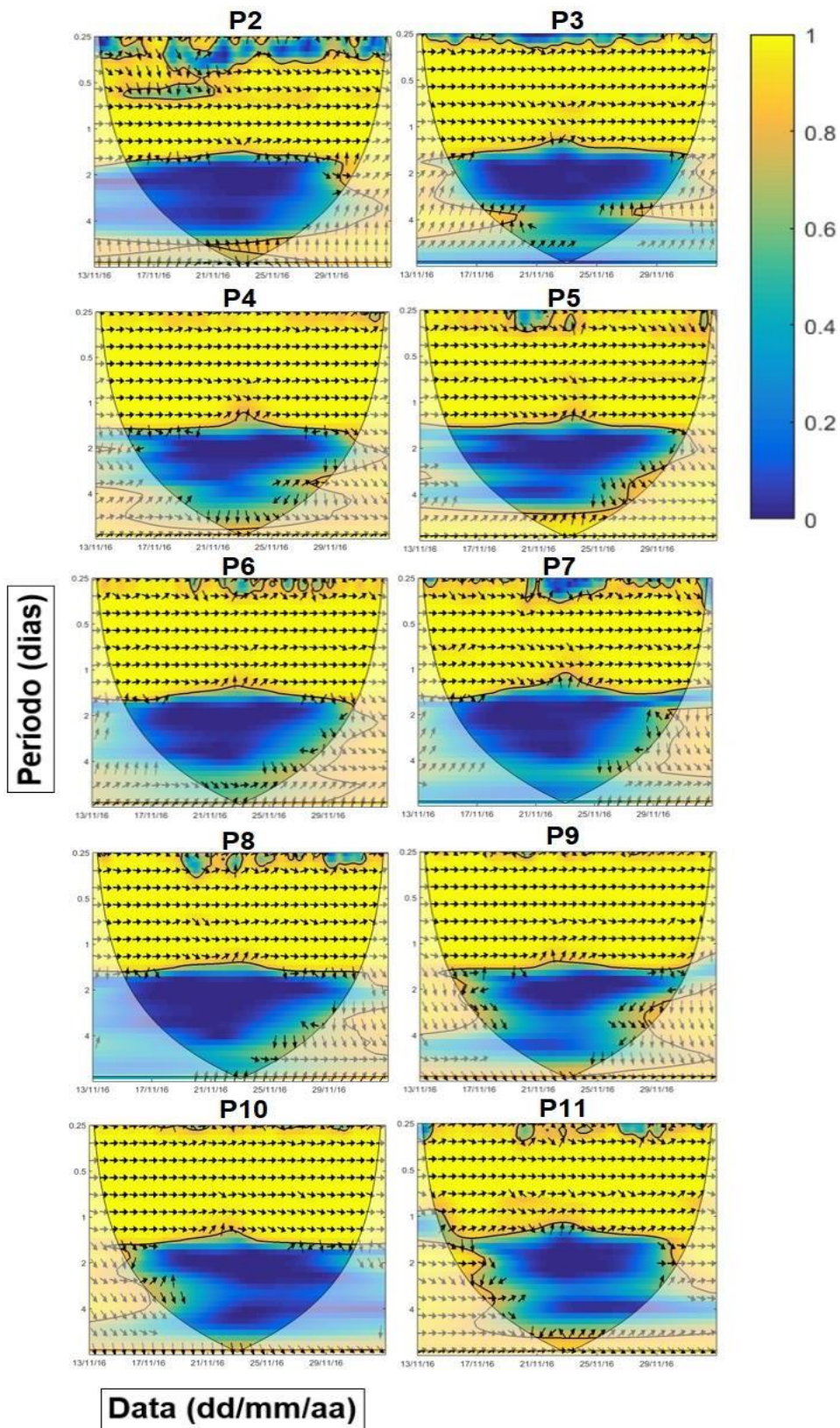


Figura 41- Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11 do furacão Otto/2016.

### 6.6.3 Ano 2017

- **Furacão Harvey**

Entre os pontos de Porto Rico, P2 apresentou incoerência entre os dados durante toda série temporal na frequência do semidiurno e na frequência de 2 a 8 dias após a ocorrência do furacão, em P3 foi observada incoerência na frequência do diurno e do semidiurno durante toda a série e na frequência 2 a 8 dias durante a passagem do furacão.

Nos pontos da margem oeste da Florida foi identificada falta de coerência na frequência do diurno e semidurno durante toda a série, sendo mais expressiva no P5 e P6 durante a ocorrência do de Harvey. Na margem leste, foi evidenciado comportamento semelhante e com incoerência mais acentuada no ponto 9.

Nos pontos situados na margem leste da Florida houve incoerência entra os dados previstos e observados no período do diurno e do semidiurno durante toda a série temporal, sendo mais evidente no P9 durante a ocorrência de Harvey (Figura 42).

## Furacão Harvey

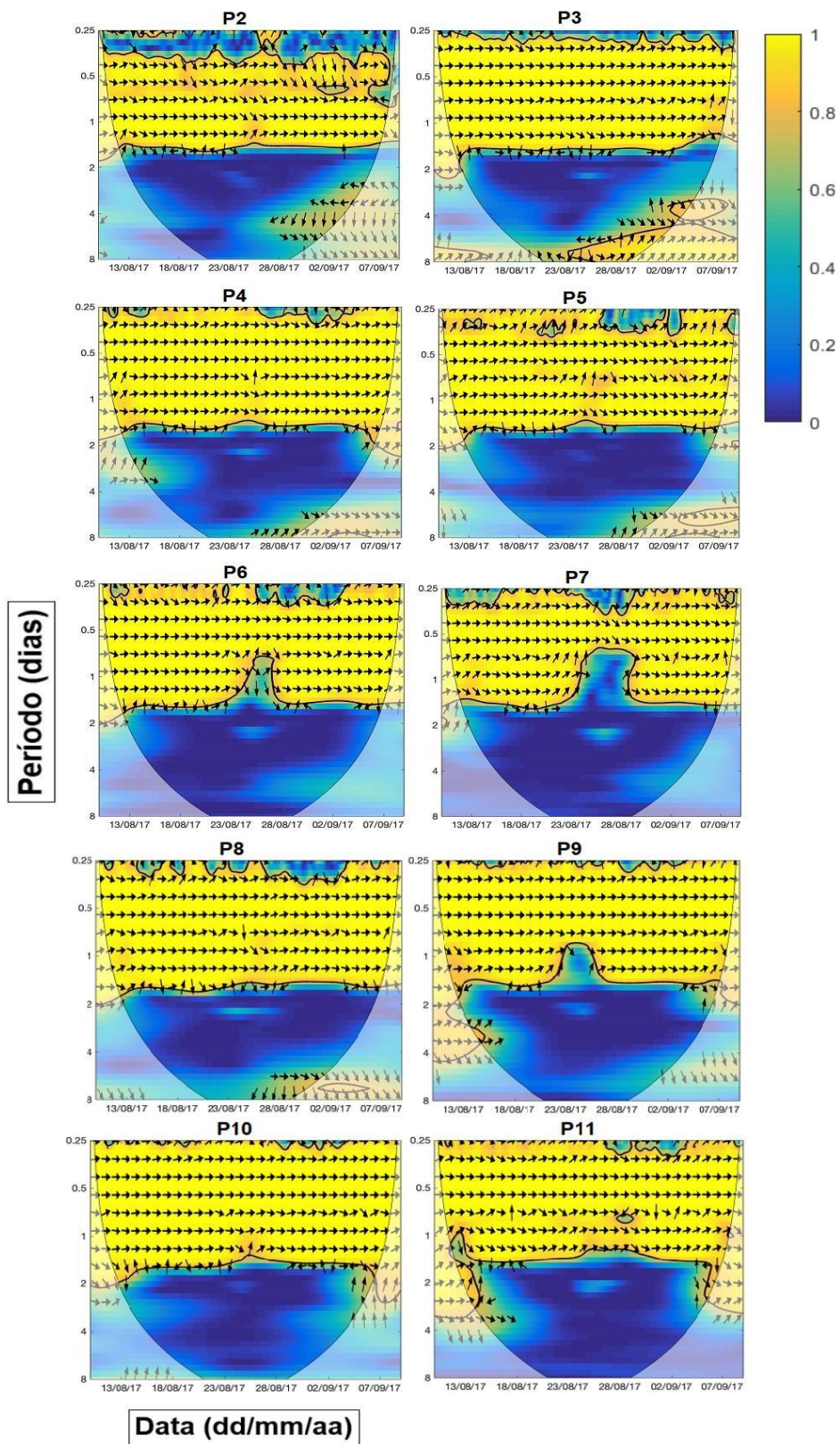


Figura 42- Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11 do furacão Harvey/2017.

- **Furacão Irma**

Entre os pontos localizados em Porto Rico, foi observada falta de coerência no período de semidiurno e diurno em toda a série temporal, se mostrando mais expressiva durante a ocorrência do furacão.

Na margem oeste da Florida, os pontos apresentaram significativa incoerência em toda a série temporal desde a frequência de 0,25 a 2 dias, sendo mais fortemente observada durante a ocorrência de Irma, principalmente nos pontos 5, 6 e 7; os pontos 6 e 7 também apresentaram forte incoerência antes da ocorrência do furacão na frequência do diurno e semidiurno.

Nos pontos da margem leste foi identificado padrão semelhantes aos pontos da margem oeste, no qual a maior incoerência de dados ocorre durante a passagem do furacão, se apresentando principalmente na frequência do diurno e semidiurno (Figura 43).

## Furacão Irma

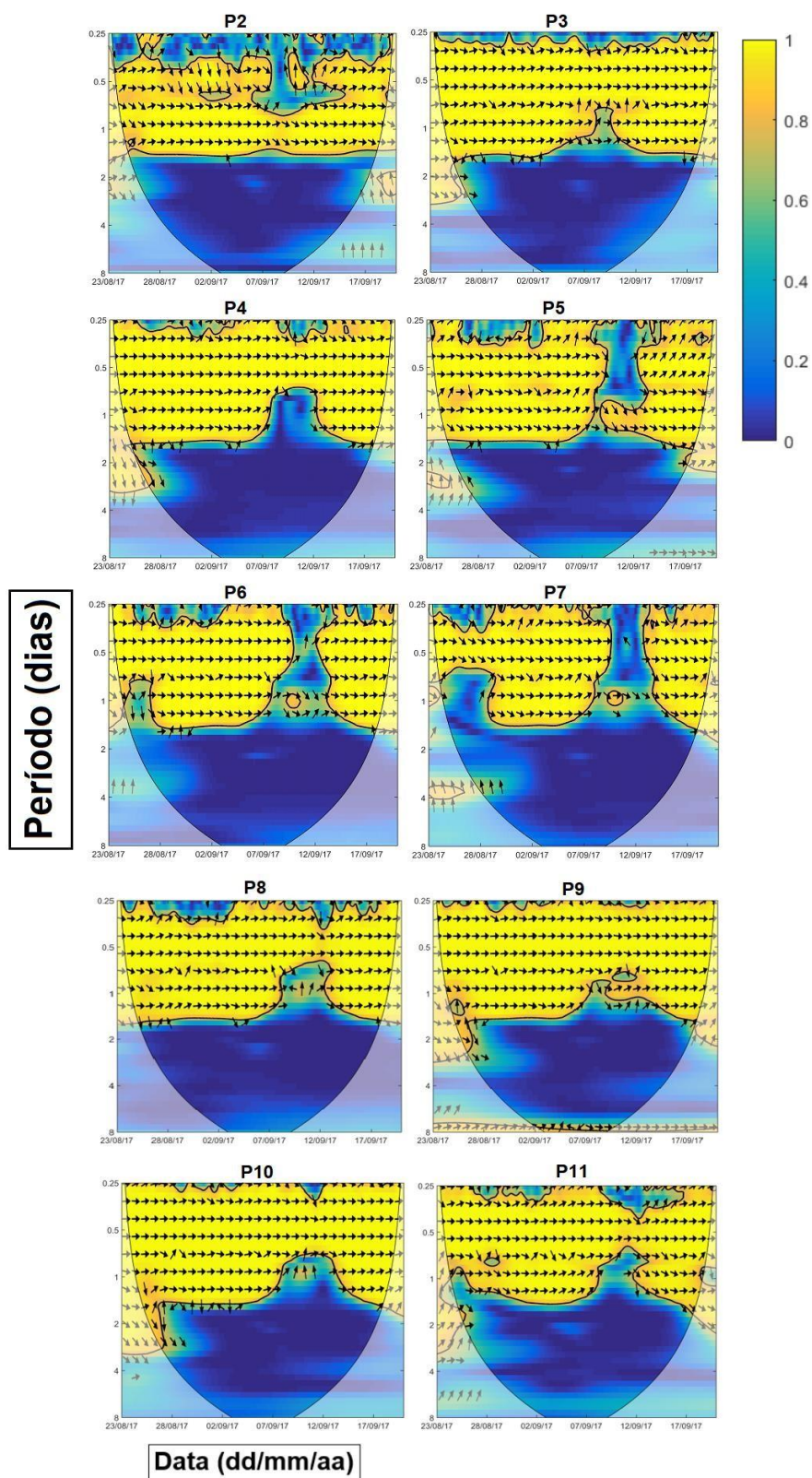


Figura 43- Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11 do furacão Irma/2017.

- **Furacão Jose**

Para o ponto 3 do furacão Jose não foi realizada a análise devido a carência de dados. O P2 localizado em Porto Rico apresentou grande incoerência de dados, desde a frequência de 0,25 a 1 dia, durante toda a série temporal, a incoerência foi máxima no final da passagem do furacão.

Entre os pontos situados a margem oeste da Florida, foi identificada grande falta de coerência entre os dados durante toda a série temporal, desde a frequência de 0,25 a 2 dias, sendo maior durante a ocorrência de Jose. Na margem leste foi observado padrão semelhante, no entanto a falta de coerência se restringe a frequência do diurno e do semidiurno (Figura 44).

## Furacão Jose

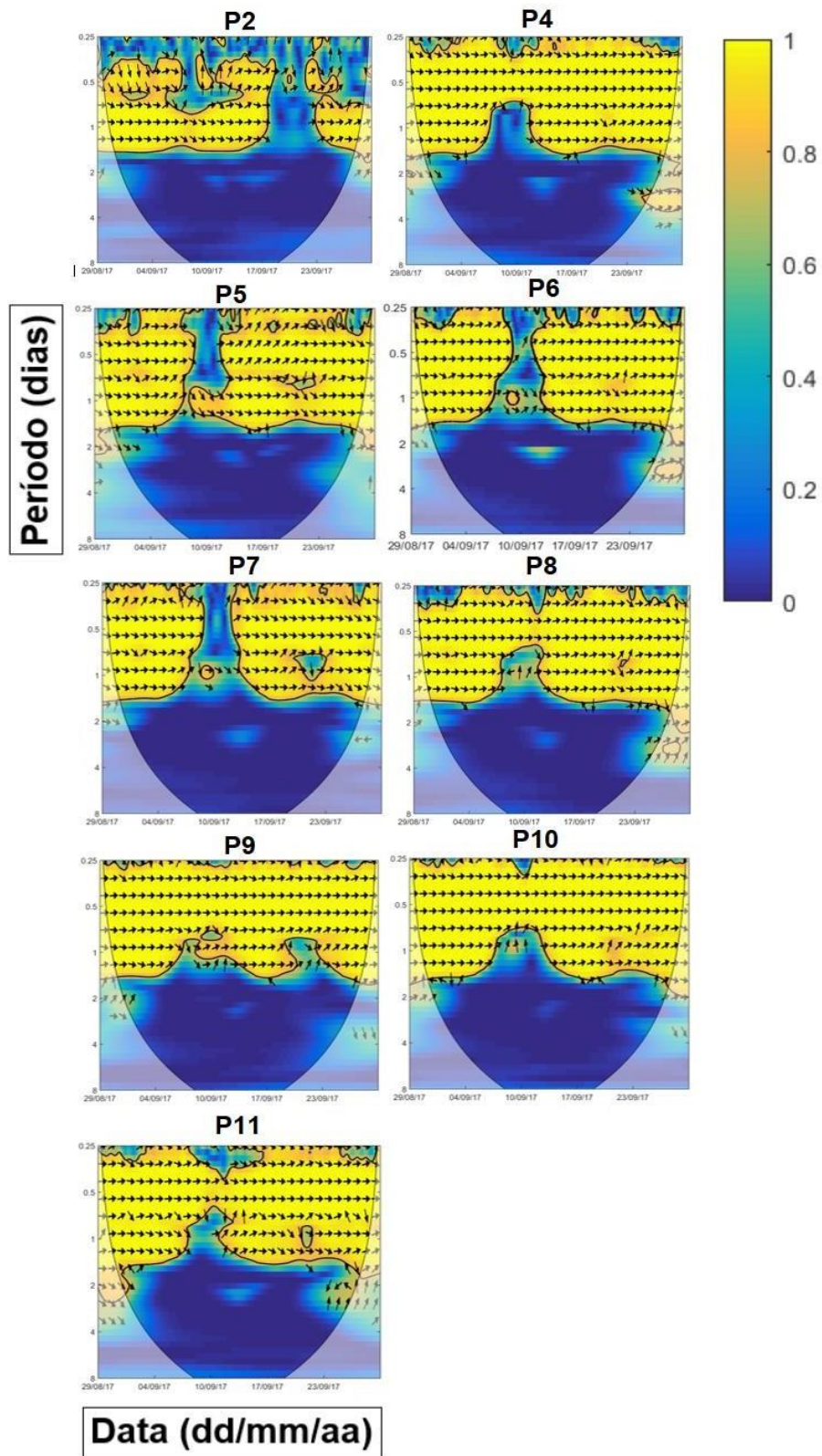


Figura 44- Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11, exceto P3, do furacão Jose/2017.

- **Furacão Katia**

Os pontos de Porto Rico apresentaram baixa frequência durante toda a série na frequência do diurno e do semidiurno, principalmente durante a ocorrência do furacão. Dentre os pontos da margem oeste da Florida foi identificada grande incoerência em toda a frequência do diurno e do semidiurno durante toda a série temporal, mas principalmente no final da passagem de Katia. Os pontos na margem leste apresentaram comportamento semelhante, no entanto a incoerência foi menor. Não foi realizada a análise do ponto 11 devido à falta de dados (Figura 45).

## Furacão Katia

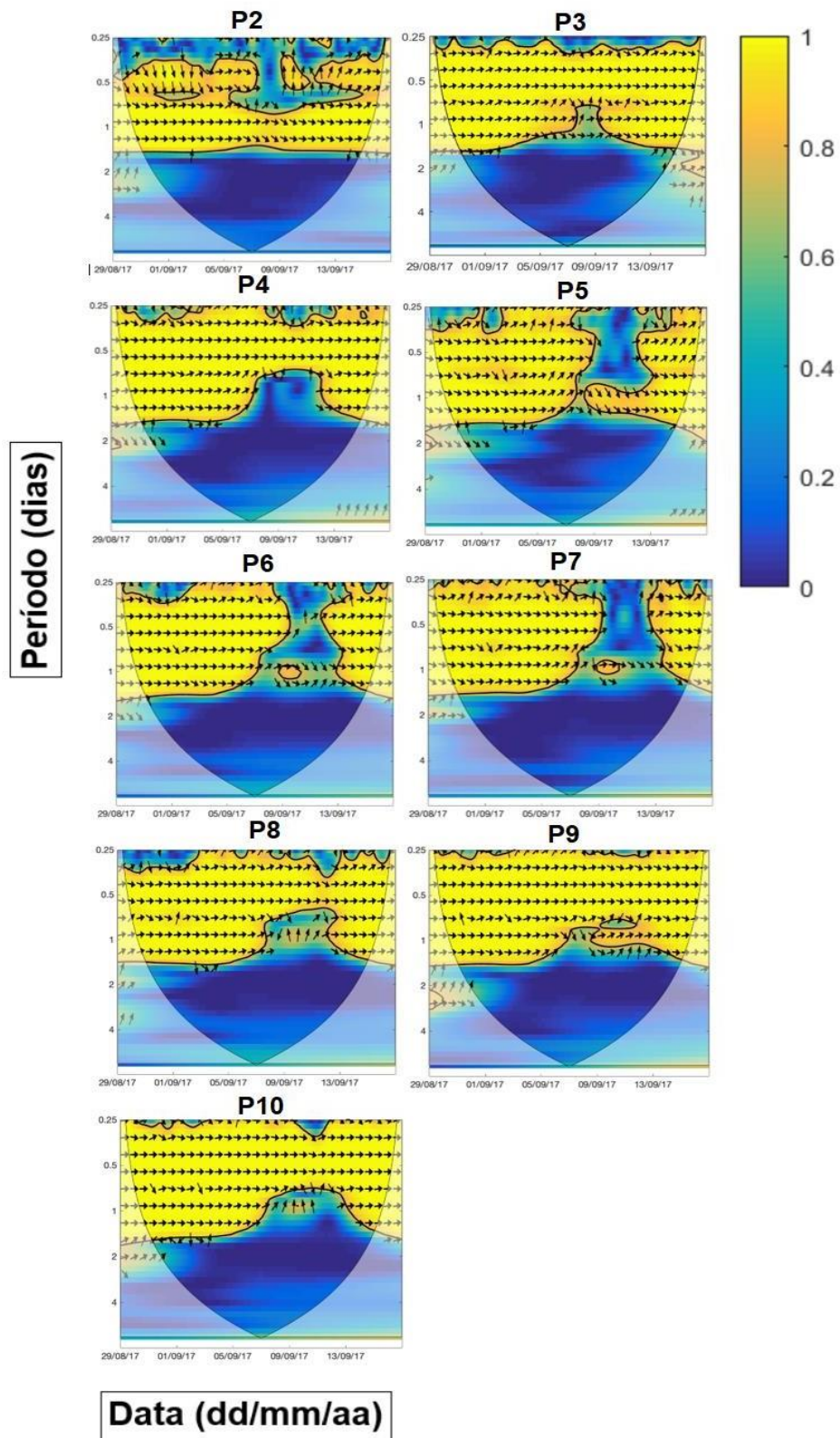


Figura 45- Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 10 do furacão Katia/2017.

- **Furacão Lee**

O ponto localizado em Porto Rico apresentou elevada incoerência em toda faixa de frequência do diurno e do semidiurno, durante toda a série temporal, sendo mais evidente durante a passagem do furacão; não foi realizada a análise do P3 devido à falta de dados.

Os pontos da margem oeste da Florida mostraram falta de coerência durante toda serie temporal em toda a faixa de frequência do diurno ao semidiurno, sendo maior frequência identificada antes e depois da ocorrência de Lee. Na margem leste, houve falta de coerência entre os dados durante toda a série temporal sendo mais visível na faixa de frequência do diurno ao semiduro (Figura 46).

## Furacão Lee

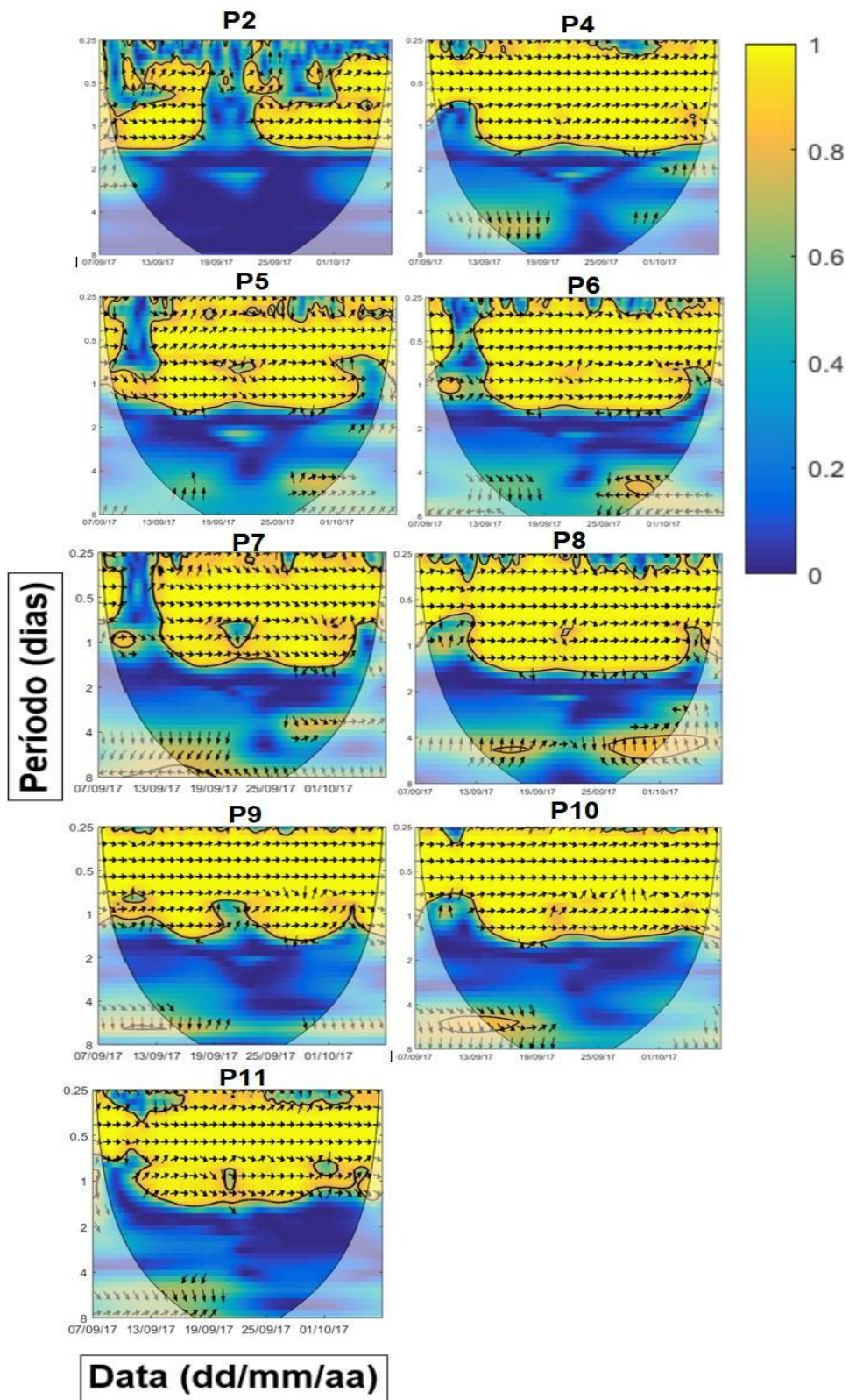


Figura 46- Análise de ondeletas de coerência nos pontos de 2 a 11, exceto P3, do furacão Lee/2017.

Os resultados mostraram que em anos de El Nino (2015) houve menor quantidade de furacões e com menor intensidade. Além disso foi evidenciado a que dentre os furacões que ocorreram nenhum adentro os continentes. No ano de 2016, também considerado ano de El Nino, houve comportamento oposto, no qual entre os anos estudados 2016 se mostrou com maior ocorrência de furacões (7), com maior intensidade e que atingiram os continentes. O ano de 2017, considerado ano neutro, apresentou quantidade considerável de furacões (5), com grande intensidade e assim como 2016 em muitos momentos adentrou as áreas continentais.

Esses resultados corroboram com os estudos de Pielke *et al.* (1999) em uma análise de 73 anos evidenciaram a ocorrência de 53 furacões em anos de El Nino versus 82 durante anos de La Nina. Além disso a média de intensidade na categoria Saffir-Simpson é de 0,93 durante os anos do El Nino e 1,33 durante os anos de La Nina. Evidenciando a maior probabilidade de ocorrência de furacões intensos fora dos anos de El Nino

O fato de 2016, entre os anos estudados, apresentar a maior quantidade de furacões pode ser explicado por outros efeitos que regem a existência desses fenômenos, como as condições termodinâmicas locais (Goldenberg *et al.* 2001; Saunders & Lea 2008).

Em relação a análise estatística realizada a partir das ondeletas de coerência, ela se mostrou-se viável para análise da coerências entre os dados previstos e observados , no entanto é importante ressaltar que algumas vezes pode ocorrer incoerência entre os sinais e as ondeletas de coerência podem mascarar essa falta de coerências, devido considerar em sua análise apenas os instantes das elevações e rebaixamentos e não as amplitudes, ou seja, mesmo ocorrendo diferença entre os sinais previstos e observados as ondeletas podem não identificar essa diferença caso os picos e rebaixamentos ocorram no mesmo instante.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A partir da análise quali e quantitativa sobre as temporadas de furacões no Atlântico Norte, pode-se concluir que há uma relação entre a intensidade e a quantidade de furacões que ocorrem com os eventos de El Nino, no qual foi evidente que em anos de El Nino as chances de ocorrência de eventos de maiores danos é menor se comparados a anos de não El Nino(La Nina e neutros).

## REFERÊNCIAS

Ahrens C.D. 2005. *Essentials of meteorology: an invitation to the atmosphere*. 4. ed. Belmonte, Ca, Eua: Brooks/Cole, 14 p.

Araújo C. E. S. 2002. *Avaliação da acurácia das temperaturas da superfície do mar obtidas por satélite para a região Sul-Suldeste da Costa Brasileira*. DS Mestrado em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais, 00p.

Atkinson B.W. & Gadd A. 1990. *O tempo*. São Paulo, Círculo de Leitores, 164p.

Bell G. D. & Chelliah M. 2006. Leading tropical modes associated with interannual and multidecadal fluctuations in North Atlantic hurricane activity, *Journal of Climate*, 19: 590–612p.

Bove M. C. , Elsner JB, Landsea CW, Niu X. & O'Brien J.. 1998. Effect of El Niño on U.S. landfalling hurricanes, Revisited. *Bulletin Of The American Meteorological Society*, 79: 2477–2482. Disponível em: <[https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1998\)079<2477:EOENOO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1998)079<2477:EOENOO>2.0.CO;2)>. Acesso em: 14 jul. 2018.

Carvalho L. C, Bernardo S. De O., Costa, P. D., Manso Orgaz M. D. J., Yamasaki Y. 2008. Validação da temperatura da superfície do mar a partir de medições de satélite. Disponível Em: [http://www.Ameweb.Org/JORNAAS/6B\\_Carvalho.Pdf](http://www.Ameweb.Org/JORNAAS/6B_Carvalho.Pdf). Acesso em: 26 de Junho de 2018.P00.

Chan J. C. L. 1985. Tropical cyclone activity in the northwest Pacific in relation to the El Nino/Southern Oscillation phenomenon. *Monthly Weather Review*, 113: 599-606p.

Chu P. & Wang J. 1997. Tropical cyclone occurrences in the vicinity of Hawaii: Are the differences between El Nino and non-El Nino years significant?. *Journal of Climate*, 10: 2683-2689p.

Colbert A J. & Soden B. J.. 2012. Climatological variations in North Atlantic tropical cyclone tracks. *Journal of Climate*, 25: 657-673p.

Elsner J. B. 2003. Tracking hurricanes. *Bulletin Of The American Meteorological Society*, 84: 353–356p.

Emanuel K. A. 2005. Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature*, 436: 686–688p.

Glantz M. H. 2000. *Currents of Change: El Nino's impact on climate and society*. 2d ed. Cambridge University Press, in press, 00p.

Glantz M.H., Katz R. W., Nicholls N. 1991. *Teleconnections linking worldwide climate anomalies: scientific basis and societal impact*. Cambridge, Cambridge University Press, 534 p.

Goldenberg S. B. & Shapiro L. J. 1996. Physical mechanisms for the association of El Niño and West African rainfall with Atlantic major hurricane activity. *Journal of Climate*, 9: 1169-1187p.

Goldenberg S. B., Landsea C. W., Mestas Nunez A. M., Gray W. M. 2001. The recent increase in Atlantic hurricane activity: Causes and implications. *Science*, 293: 474–479p.

Gray W. M. 1984a. Atlantic seasonal hurricane frequency. Part 1: El Niño and 30 mb quasi-biennial oscillation influences. *Monthly Weather Review*, **112** (9): 1649-1668p.

Hastenrath S., Wu, M.C., Chu P.S. 1984. Towards the monitoring and prediction of Northeast Brazil droughts. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 110: 411-425p.

Hochleitner F., Paiva C. M., Rotunno Filho O. C. 2005. Validação da estimativa da temperatura d superfície do mar via ddados do Satélite Goes-8 utilizados dados “In-Situ” do Projeto Pnboia. *In: INPE, 12º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia – GO. Anais... 12p.*

Holland G. J. & Webster P. J. 2007. Heightened tropical cyclone activity in the North Atlantic: natural variability or climate trend?. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, **365**(1860): 2695–2716.

Knabb R. D., Rhome J. R.& Brown D. P. 2005. Hurricane Katrina: August 23–30, 2005, *National Hurricane Center Tropical Cyclone Report*.

Kim H. M., Webster P. J. & Curry J. A. 2009. Impact of shifting patterns of Pacific Ocean warming events on North Atlantic tropical cyclone. *Science*, 325: 77–80p.

Kossin J. P. & Vimont D. J. 2007. A more general framework for understanding Atlantic hurricane variability and trends. *Bulletin Of The American Meteorological Society*, 88: 1767–1781p.

Kossin J. P., Camargo S. J. & Sitkowski M. 2010. Climate modulation of North Atlantic hurricane tracks. *Journal of Climate*, 23: 3057–3076p.

Lander M. 1994. An exploratory analysis of the relationship between tropical storm formation in the western North Pacific and ENSO. *Monthly Weather Review*, 122: 636-651p.

Landsea C. W. 2005. Hurricanes and global warming. *Nature*, 438: E11–E12p.

Landsea C.W., Vecchi G.A., Bengtsson L. & Knutson T.R. 2010: Impact of duration thresholds on atlantic tropical cyclone counts. *Journal of Climate*, 23: 2508–2519p.

L'Heureux ML, Takahashi K, Watkins AB, Barnston AG, Becker EJ, Di Liberto TE, Gamble F, Gottschalck J, Halpert MS, Huang B, Mosquera-Vásquez K, Wittenberg AT. 2016. Observing and predicting the 2015–16 El Niño. *Bulletin Of The American Meteorological Society*.

Machado P.J. De O. 2001. *Climatologia - Notas De Aula*. Juiz De Fora: DGEO - ICH - UFJF. 84p.

Mazetto Francisco (S/D). 2005. Nova Orleans: Um desastre anunciado. Centro De Pesquisas Estratégicas “Paulino Soares De Sousa” – Universidade Federal De Juiz De Fora.

McBride J. L. & R. Zehr. 1981. Observational analysis of tropical cyclone formation. Part II: Comparison of non developing versus developing systems. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 38: 1132–1151p.

Morettin P. A. 1999. *Ondas e ondeletas – Da análise de fourier à análise de ondeletas*. Editora Usp.

Nicholls N. 1979. A possible method for predicting seasonal tropical cyclone activity in the Australian region. *Monthly Weather Review*, 107: 1221-1224p.

Nieuwolt S. 1977. *Tropical Meteorology*. New York, John Wiley And Sons.

Noji Eric K. 2000. *Impacto de los desastres en la salud publica*. Bogotá, Opas. Disponível em [http://www.Sld.Cu/Galerias/Pdf/Sitios/Desastres/Impacto\\_De\\_Los\\_Desastres\\_En\\_La\\_Salud\\_Publica\\_1.Pdf](http://www.Sld.Cu/Galerias/Pdf/Sitios/Desastres/Impacto_De_Los_Desastres_En_La_Salud_Publica_1.Pdf) >. Acesso em: 12 de julho de 2018.P00.

Pielke & Pielke R. A. Sr. 1997. *Hurricanes: Their nature and impacts on society*. John Wiley And Sons, 279 p.

Pielke R. A. & Landsea C. W. 1998. Normalized hurricane damages in the United States: 1925–95. *Weather Forecast*, 13: 621–631p.

Pielke R. A. J. & Landsea, C. W. 1999. La Niña, El Niño, and Atlantic hurricane damages in the united states. *Bulletin Of The American Meteorological Society*, 80: 2027–2033p.

Revelle C. G. & Goulter S. W. 1986. South Pacific tropical cyclones and the Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, 14: 1138-1145p.

Saunders M. A. & Lea A. S. 2008. Large contribution of sea surface warming to recent increase in Atlantic hurricane activity. *Nature*, 451: 557–560p.

Shapiro L. J. 1987. Month-to-month variability of the atlantic tropical circulation and its relationship to tropical storm formation. *Monthly Weather Review*, 115: 1598-1614p.

Silva M.A.V. 2016. *Meteorologia e climatologia*. Disponível em <https://www.Passeidireto.Com/Arquivo/3947972>. Acesso em: 9 de maio de 2018. P369.

Torrence C. & Webster P. 1999. Interdecadal changes in the esnomonsoon System. *Journal of Climate*, 12: 2679–2690p.

Trenberth K. E. 1997. The definition of El Nino. *Bulletin of The American Meteorological Society*, 78: 2771-2777p.

Trenberth Kevin & National Center for Atmospheric Research Staff (eds). 2018. The climate data guide: Nino SST Indices (Nino 1+2, 3, 3.4, 4; ONI And TNI). Disponível em: <https://climatedataguide.ucar.edu/Climate-Data/Nino-Sst-Indices-Nino-12-3-34-4-Oni>.

Webster P. J., Holland G. J., Curry J. A., Chang H.R. 2005. Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. *Science*.