



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR – LABOMAR**  
**CURSO DE OCEANOGRAFIA**

**SUZANA SALES RIBEIRO**

**CONTRIBUIÇÃO ATMOSFÉRICA NO NÍVEL RESIDUAL DA ILHA DA  
TRINDADE, BRASIL.**

**FORTALEZA**

**2014**

SUZANA SALES RIBEIRO

CONTRIBUIÇÃO ATMOSFÉRICA NO NÍVEL RESIDUAL DA ILHA DA TRINDADE,  
BRASIL.

Monografia apresentada ao Curso de Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar-Labomar, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Geraldo Ferreira.

Coorientador: Dr. Domingos Urbano Fernandes Neto.

FORTALEZA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Federal do Ceará

Biblioteca Rui Simões de Menezes

---

R372c Ribeiro, Suzana Sales.

Contribuição atmosférica no nível residual da Ilha da Trindade, Brasil / Suzana Sales Ribeiro – 2014.

38 f. : il. color., enc. ; 30 cm.

Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Curso de Oceanografia, Fortaleza, 2014.

Orientação: Prof<sup>o</sup>. Dr. Antonio Geraldo Ferreira.

Co-Orientação: Dr. Domingos Fernandes Urbano Neto.

1. Marés. 2. Ventos. 3. Pressão atmosférica. I. Título.

---

CDD 551.464

SUZANA SALES RIBEIRO

CONTRIBUIÇÃO ATMOSFÉRICA NO NÍVEL RESIDUAL DA ILHA DA TRINDADE,  
BRASIL.

Monografia apresentada ao Curso de Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar – Labomar, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Oceanografia.

Aprovada em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Antônio Geraldo Ferreira (orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dr. Domingos Fernandes Urbano Neto (coorientador)

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) / Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN)

---

Prof. Dr. Carlos Eduardo Peres Teixeira

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus grandes amores:  
Alísio Antônio, Zélia  
e Samir.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, os quais sempre me incentivaram e me ajudaram direta ou indiretamente na minha formação. Para vocês, não acho palavras. É coisa de orgulho mútuo e amor incondicional. Obrigada por tudo!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Antônio Geraldo Ferreira, pela paciência, disposição e sapiência. Sou muito grata às oportunidades que você me concedeu, bem como aos conselhos profissionais e aos momentos de descontração quando eu me via desesperada em meio a tanto trabalho por fazer.

Ao pessoal do Laboratório de Instrumentação Meteorológica – LIM, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, em especial ao Dr. Celso Tomaz e ao Dr. Domingos Urbano, que me receberam em minha visita científica. Muito obrigada por me disponibilizarem os dados deste trabalho e as técnicas de processamento.

Ao Prof. Dr. Carlos Teixeira por ter me ajudado ao esclarecer minhas dúvidas e pelo belo trabalho em anunciar a oceanografia física aos alunos do Labomar.

Aos meus amigos oceanógrafos e futuros oceanógrafos, em especial àqueles da turma 2010.1, que estiveram presentes durante a graduação, compartilhando conhecimentos (nos “estudões” em grupo que nos salvaram em várias disciplinas), momentos felizes e amizade.

E ao pessoal do Labomar, professores e demais funcionários, que deixam aquele lugar mais agradável e mais alegre. Desejo prosperidade ao Instituto como um todo.

“Toda a vida marítima! Tudo na vida marítima!  
Insinua-se no meu sangue toda essa sedução fina  
E eu cismo indeterminadamente as viagens.  
Ah, as linhas das costas distantes, achatadas pelo horizonte!  
Ah, os cabos, as ilhas, as praias areentas!  
As solidões marítimas, como certos momentos no Pacífico  
Em que não sei por que sugestão aprendida na escola  
Se sente pesar sobre os nervos o fato de que aquele é o maior dos oceanos  
E o mundo e o sabor das coisas tornam-se um deserto dentro de nós!  
A extensão mais humana, mais salpicada, do Atlântico!  
O Índico, o mais misterioso dos oceanos todos!  
O Mediterrâneo, doce, sem mistério nenhum, clássico, um mar para bater  
De encontro a esplanadas olhadas de jardins próximos por estátuas brancas!  
Todos os mares, todos os estreitos, todas as baías, todos os golfos,  
Queria apertá-los ao peito, senti-los bem e morrer!”

Álvaro de Campos

## RESUMO

Marés são movimentos periódicos das massas d'água originados a partir da força de atração entre Sol, Lua e Terra e da força centrífuga do sistema Terra-Lua. As amplitudes regulares das marés nos oceanos são constantemente modificadas, tanto de forma intensa como de forma amena, por processos meteorológicos e oceanográficos. Nesse trabalho foram utilizados registros de nível do mar, pressão atmosférica e ventos coletados conjuntamente por uma estação meteo-maregráfica instalada na Ilha da Trindade (IT) com o objetivo de quantificar a contribuição atmosférica no nível residual local. É a primeira vez que este tipo de estudo é realizado neste local. Foi realizada a análise harmônica de maré para se caracterizar o regime de maré nesse local baseado nos constituintes harmônicos de maré e para se adquirir a série de resíduo. A influência destes parâmetros atmosféricos no nível do mar foi analisada por meio de análise espectral e correlações cruzadas entre as séries temporais, com e sem a aplicação do filtro cosseno de Lanczos. A maior correlação entre pressão atmosférica e resíduo foi -0,23 ( $r^2=5\%$ ) com a filtragem na frequência de corte de 24 horas, enquanto que para a série de ventos a maior correlação foi do resíduo com o vento perpendicular a costa, com valor -0,41 ( $r^2=17$ ) aplicando o filtro com frequência de corte de 36 horas.

**Palavras-chave:** Nível residual. Pressão atmosférica. Ventos de superfície.



## ABSTRACT

Tides are periodic movements of water masses originated from the attraction force between the Sun, Moon and Earth and the centrifugal force of the Earth-Moon system. The regular tidal amplitudes in the oceans are constantly modifying. These changes can be intensity or mildly, depending on the meteorological and oceanographic processes that are acting. In this study data from sea level, atmospheric pressure, and wind (zonal and meridional components), collected from a weather and tide station installed on the Ilha da Trindade (IT), were used. It is the first time that this type of study is carried out at this location. Tidal harmonic analysis was performed to characterize the tidal regime at this location based on the harmonic tidal constituents and to acquire the residual series. The influence degree of these parameters, in the sea level, was analyzed by using spectral and cross correlations analysis between the time series, applying, in some cases, the cosine Lanczos filter. The best correlation obtained between the atmospheric pressure and residual was  $-0.23(r^2=5\%)$  with cut off frequency of 24 hours. Considering the wind time series the best correlation was that between cross-shore wind and residual, with  $-0.40 (r^2=17)$ . In this case it was applied a filter with cut off frequency of 36 hours.

**Keywords:** Residual. Atmospheric pressure. Surface winds.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Forças envolvidas na geração de maré .....	13
Figura 02 – Declinação da lua em relação ao plano equatorial da Terra .....	14
Figura 03 – Órbita elíptica da Terra ao redor do Sol ilustrando quatro posições mensais as quais correspondem ao ciclo sazonal .....	14
Figura 04 – Empilhamento de águas devido a ventos de sul no HS .....	16
Figura 05 – Localização da área de estudo.....	18
Figura 06 – Mapa da IT mostrando detalhes da profundidade e altimetria .....	18
Figura 07 – Espécies encontradas na Ilha da Trindade .....	19
Figura 08 – Floresta de Samambaias Gigantes da Ilha da Trindade .....	19
Figura 09 – Ilha da Trindade .....	20
Figura 10 – Marégrafo instalado .....	21
Figura 11 – Estação meteorológica .....	22
Figura 12 – Curva do filtro usado inicialmente nos dados de nível do mar e resultado da filtragem (curva verde) em comparação com os dados originais (curva pontilhada azul) .....	24
Figura 13 – Periodograma e PSD da série de nível do mar .....	30
Figura 14 – Densidade espectral das séries temporais atmosféricas e oceanográficas .....	30
Figura 15 – Séries temporais com dados originais e dados filtrados utilizando frequência de corte de 24 horas e janela de 240 horas .....	32

Figura 16 – Séries temporais com dados originais e dados filtrados utilizando frequência de corte de 36 horas e janela de 360 horas .....	32
Figura 17 – Séries temporais com dados originais e dados filtrados utilizando frequência de corte de 72 horas e janela de 720 horas .....	33

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 01 – Classificação do tipo de maré conforme o Número de Forma (F) .....	27
Tabela 02 – Principais constituintes harmônicas de maré na Ilha da Trindade obtidas no período de 30 de outubro de 2012 a 31 de janeiro de 2014 .....	28
Tabela 03 – Amplitudes (em cm) de constituintes de maré associadas a águas rasas em vários locais .....	29
Tabela 04 – Correlação e coeficiente de determinação ( $r^2 \times 100$ ) entre parâmetros atmosféricos e resíduo do nível do mar .....	34

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1	Marés astronômicas e constituintes harmônicas de maré	12
1.2	Nível residual e marés meteorológicas	15
1.2.1	<i>Efeito da pressão</i>	15
1.2.2	<i>Efeito do vento</i>	16
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>17</b>
2.1	Objetivo geral	17
2.2	Objetivos específicos	17
<b>3</b>	<b>ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>21</b>
4.1	Obtenção de dados “ <i>in situ</i> ”	21
4.2	Processamento e análise dos dados	22
4.2.1	<i>Remoção de spikes e interpolação</i>	23
4.2.2	<i>Filtragem da maré e conversão para valores horários das séries temporais</i>	23
4.2.3	<i>Análise harmônica</i>	24
4.2.4	<i>Aplicação do filtro de Lanczos</i>	25
4.2.5	<i>Análise espectral e correlação cruzada</i>	26
4.3	Tipo de maré a partir do Número de forma	26
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>27</b>

<b>5.1</b>	<b>Constituintes harmônicos de maré .....</b>	<b>27</b>
<b>5.2</b>	<b>Número de forma .....</b>	<b>29</b>
<b>5.3</b>	<b>Análise espectral .....</b>	<b>29</b>
<b>5.4</b>	<b>Filtragem das séries temporais .....</b>	<b>31</b>
<b>5.5</b>	<b>Correlações entre as séries temporais .....</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>35</b>
<b>7</b>	<b>TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>35</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O nível do mar é um dos parâmetros mais estudados no meio oceanográfico. Seu monitoramento contínuo torna possível um melhor entendimento da dinâmica dos oceanos (CHENG *et al.*, 2012).

As variações da altura das águas em áreas costeiras mais comumente estudadas são as marés. Estas são fenômenos oceanográficos periódicos de oscilação do nível do mar resultantes da força centrífuga do sistema Terra-Lua e de um sistema de forças gravitacionais geradas pela atração entre Sol, Lua e Terra (forçante astronômica).

As marés geram correntes que podem influenciar atividades recreativas, a navegação e a pesca em águas menos profundas (DAS, 1998). Tais correntes podem favorecer o maior mistura na coluna d'água, causando afloramento de nutrientes e sedimentos do fundo e influenciando a biota. Assim, compreender a maré é de grande relevância no entendimento de habitats marinhos costeiros e no melhor manejo da zona costeira.

Segundo Pugh (1996), as componentes não-astronômicas que causam variações no nível do mar compõem o resíduo do nível do mar. Este, diferente das marés astronômicas, não é periódico. Sua energia se soma à curva de maré, causando diferenças entre as marés previstas e as marés observadas. Diferentes fatores em diversas escalas temporais e espaciais são responsáveis por este resíduo, como descargas fluviais, empilhamento de água na costa pela ação do vento, variações no campo de pressão atmosférica e ondas gravitacionais de longo período (TRUCCOLO, 1998). As variações na temperatura dos oceanos (efeito termostérico), o degelo das calotas polares e os deslocamentos verticais da crosta terrestre contribuem em escalas mais longas.

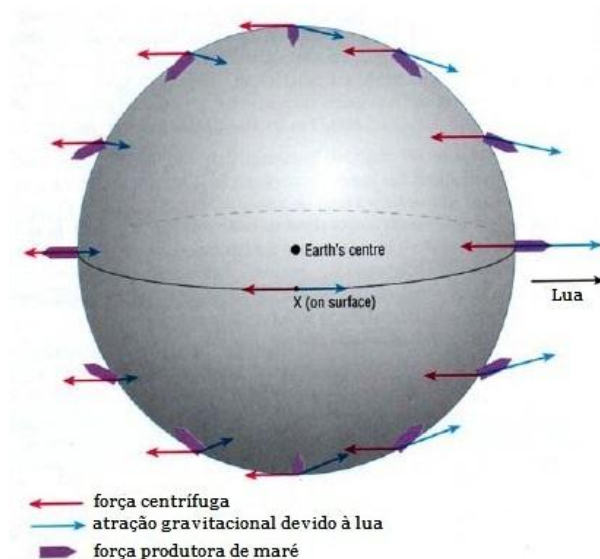
No Mar do Norte, onde é comum o extravasamento do nível do mar por conta de eventos meteorológicos somados a períodos de preamar (McROBIE *et al.*, 2005), fenômeno denominado ressacas, o conhecimento preciso das variações do nível do mar é de grande importância.

### 1.1 Marés astronômicas e constituintes harmônicas de maré

A Terra e a Lua giram ao redor do centro comum de suas massas. A força centrífuga é constante em qualquer local da superfície terrestre, mas a força gravitacional torna-se maior do lado em que a Lua está mais próxima, o que faz as águas se elevarem. No lado em que a Lua está mais distante, a água também se eleva, porém pela ação da força

centrífuga. Nessa parte da Terra, a força centrífuga é maior que a força gravitacional lunar (FIGURA 01).

Figura 01 - Forças envolvidas na geração de maré.



Fonte: modificado de OPEN UNIVERSITY (1989).

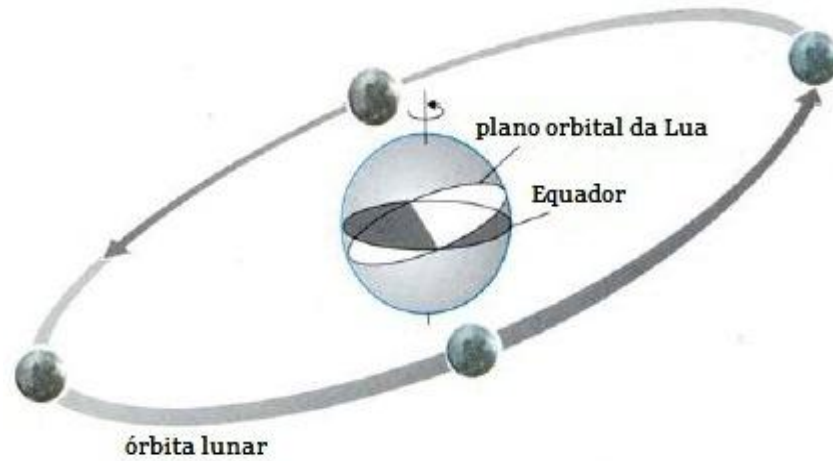
Quando o sistema Sol-Terra-Lua está em conjunção (lua nova ou lua cheia), as marés apresentam-se com grande amplitude (marés de sizígia). Sol-Terra-Lua estão alinhados e a soma das forças é máxima. Ao não haver mais tal alinhamento entre esses astros (lua crescente e lua minguante), as marés apresentam menores amplitudes. A menor amplitude é alcançada quando ocorre um ângulo de  $90^\circ$  entre Sol-Terra-Lua (marés de quadratura).

Ao se traçar uma curva de maré, observa-se que ela se comporta como uma onda senoidal, na qual o pico de maior alcance das alturas máximas e mínimas atingidas equivale à maré alta, ou preamar, e à maré baixa (ou baixa-mar), respectivamente. O tempo entre duas preamares ou duas baixa-mares sucessivas chama-se período de maré. A maioria das regiões costeiras apresentam regime semidiurno, com período de maré próximo a 12,42 horas, tendo duas subidas e descidas das águas por dia. Em outros locais, pode haver apenas uma preamar e uma baixa-mar por dia, caracterizando um regime diurno, ou até mesmo um regime misto, com irregularidades entre marés altas e marés baixas.

Ao descrever suas elipses, a distância entre a Lua e a Terra varia dentro de um mês lunar (cerca de 28 dias), enquanto a distância entre a Terra e o Sol varia dentro de um ano solar (cerca de 365 dias). Além disso, os ângulos de declinação entre esses astros também se

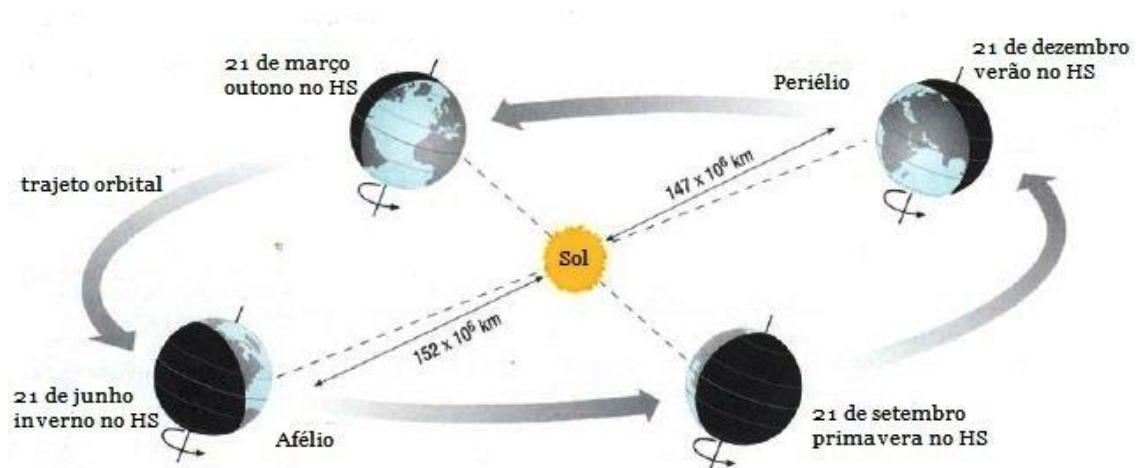
alteram. As figuras 02 e 03 esquematizam exemplos dessas variações no posicionamento desses astros.

Figura 02 – Declinação da lua em relação ao plano equatorial da Terra.



Fonte: modificado de OPEN UNIVERSITY (1989).

Figura 03 – Órbita elíptica da Terra ao redor do Sol ilustrando quatro posições mensais as quais correspondem ao ciclo sazonal.



Fonte: modificado de OPEN UNIVERSITY (1989).



Devido à contínua mudança nos posicionamentos relativos desses astros, existe uma série de diferentes frequências de energia geradora de marés. Embora complexos, estes e demais movimentos orbitais são conhecidos, bem como cada frequência astronômica impulsionadora da maré, as quais já são determinadas e inclusive nomeadas. É a partir dessas frequências que se estabelece a previsão da maré em um determinado local.

As constituintes harmônicas de maré representam a contribuição energética originadora de maré em cada frequência com amplitude e fase particular para cada região. Neste contexto, a fase se refere à fração do ciclo da constituinte que se conclui em um dado tempo referenciado. As principais constituintes são designadas por  $M_2$  e  $S_2$ , que são as semi-diurnas lunar e solar, respectivamente, e estão relacionadas ao ciclo de sizígia e quadratura.

O efeito da batimetria local pode modificar uma constituinte de maré, gerando demais harmônicos cujas frequências são múltiplas da frequência da constituinte afetada. Algumas constituintes também podem ser produzidas por efeitos meteorológicos quase periódicos, como as constituintes  $S_a$  (anual solar) e  $S_{sa}$  (semi-anual solar), as quais podem ser produzidas por qualquer ciclo meteorológico sazonal que altere o nível das águas, como os padrões anuais de mudança nos ventos costeiros.

## **1.2 Nível residual e marés meteorológicas**

O nível do mar residual engloba todas as alterações no nível da água que não sejam referentes à maré astronômica. O termo marés meteorológicas faz menção às alterações no nível médio do mar devido a fenômenos de interação oceano-atmosfera, as quais comumente são influenciadas pela pressão atmosférica sobre as massas de água e pelo atrito do vento sobre a camada superficial do mar. A contribuição destes parâmetros é o foco deste trabalho.

### ***1.2.1 Efeito da pressão***

A influência direta da pressão atmosférica no nível médio do mar se dá pelo efeito do barômetro invertido, que se refere ao peso da coluna de ar sobre a coluna d'água. Uma diminuição na pressão atmosférica resulta em um aumento no nível médio do mar. Por sua vez, um aumento da pressão atmosférica ocasiona uma diminuição no nível das águas. Esta relação inversa está fundamentada na equação (1):

$$\Delta\zeta = - \frac{\Delta P}{\rho g} \quad (1)$$

onde  $\Delta\zeta$  é a variação do nível do mar,  $\Delta P$  é a variação da pressão atmosférica,  $\rho$  é a massa específica da água e  $g$  é a aceleração da gravidade. Atribuindo à equação (1) os valores  $\rho = 1026 \text{ kg m}^{-3}$  e  $g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$ , tem-se:

$$\Delta\zeta = - 0,993 \Delta P \quad (2)$$

que permite dizer que a taxa de variação do nível do mar pela ação da pressão atmosférica é aproximadamente 1 cm por cada 1 hectopascal (hPa) de variação da pressão atmosférica.

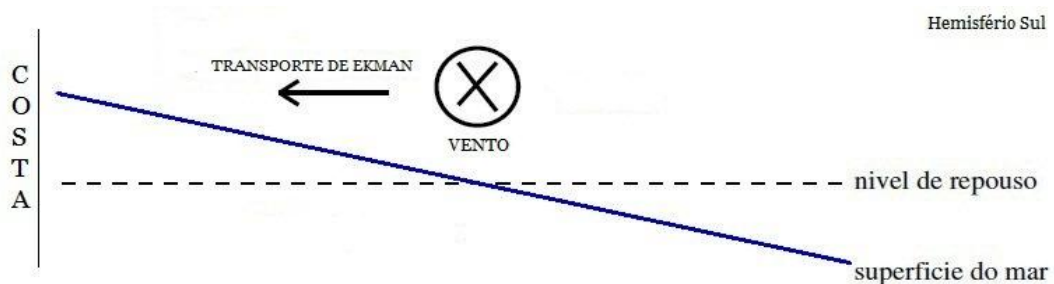
Contudo, tal condição isostática de 1:1 raramente se aplica, particularmente em torno de ilhas (GORING,1995). Sendo assim, torna-se importante estudar tal dinâmica para se avaliar o quão notório é o efeito do barômetro invertido na área de estudo abordada.

### 1.2.2 Efeito do vento

Os ventos interagem com o mar, transferindo-lhe momento e energia. Quando a ação dos ventos ocorre por períodos longos o suficiente e em grandes escalas espaciais, ocorre o transporte de Ekman perpendicular à direção dos ventos, à esquerda do movimento no Hemisfério Sul e à direita no Hemisfério Norte.

A figura 04 mostra um vento paralelo à linha de costa, cuja contribuição na variação no nível do mar é mais intensa (TRUCCOLO, 1998). Paiva (1993), citado por Uiasone (2004) e Costa (2010), reforça essa afirmação com estudos realizados em Arraial do Cabo-RJ. A presença da costa inibe o fluxo horizontal causado pelo transporte de Ekman, gerando um empilhamento de águas junto à costa. Quando o vento sopra no sentido contrário, ocorre um afastamento das águas da costa, abaixando o nível do mar.

Figura 04 – Empilhamento de águas devido a ventos de sul no HS.



Fonte: a autora.

Existe também influência do vento perpendicular à costa no nível do mar quando ele sopra do oceano e empurra a água para a terra, empilhando água junto à costa, ou quando sopra da terra e empurra a água para o mar, diminuindo o nível da água no local. Porém, a componente transversal à costa frequentemente tem efeito pouco efetivo na variação do nível do mar local (UAISSONE,2004; COSTA, 2010).

O tempo de atuação do vento na superfície líquida (pista de vento ou *fetch*) é decisivo para que haja resposta significativa dessa interação ar-mar. Pugh (2004) descreve a inclinação no nível do mar usando os seguintes termos (EQUAÇÃO 3):

$$\text{Inclinação} = \frac{C_D \rho_A W^2}{g \rho D} = \frac{\text{Aumento no nível da superfície}}{\text{Distância horizontal}} \quad (3)$$

onde:  $C_D$  é o coeficiente de arrasto [*Drag*];  $\rho_A$  = massa específica do ar;  $W$  é a velocidade do vento;  $g$  é a gravidade;  $\rho$  é a densidade da água e  $D$  é a altura da coluna d'água.

Percebe-se, então, que a inclinação na superfície é inversamente proporcional à profundidade da coluna d'água.

Gill (1982) e Pugh (1987), citados por Truccolo (1998), afirmam que quanto maior for a pista de atuação do vento e mais rasa e larga for a plataforma continental, maior é o efeito do vento na variação do nível do mar. Então, em ilhas, regiões de maiores profundidades e cercadas por águas, menor deve ser a influência do vento na altura da água.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Quantificar a contribuição dos principais fatores meteorológicos no nível residual através de observações diretas do nível do mar, vento e pressão atmosférica, fornecidos pela estação meteo-maregráfica na Ilha da Trindade.

### 2.2 Objetivos específicos

Caracterizar a maré na Ilha da Trindade através dos constituintes harmônicos obtidos pela análise harmônica.

Obter o resíduo a partir da subtração da maré astronômica do nível observado.

Correlacionar as séries temporais atmosféricas e oceânicas.



A IT possui formação geológica um tanto diferenciada, fazendo parte de uma grande cadeia vulcânica submarina orientada leste-oeste, conhecida como cadeia Vitória-Trindade.

Por ser um local isolado geograficamente, a IT apresenta características ecológicas particulares. Na ilha, verifica-se uma biodiversidade peculiar e a presença de ecossistemas úmidos com importância na reprodução e alimentação de diversas espécies marinhas, como tartarugas-marinhas, caranguejos e aves (FIGURA 07), e terrestres, como a *Cyathea copelandi*, que forma a Floresta de Samambaias Gigantes (FIGURA 08) (SERAFINI *et al*, 2010).

Figura 07 – Espécies encontradas na Ilha da Trindade.



Fonte: a autora. (Cortesia: Fernando da Luz). Legenda: a) caranguejo-amarelo; b) tartaruga-verde; c) fragata.

Figura 08 – Floresta de Samambaias Gigantes da Ilha da Trindade.



Fonte: a autora. (Cortesia: Gustavo Sampaio)

Atualmente a comunidade científica mostra grande interesse interdisciplinar no aprofundamento do conhecimento nesses tipos de ambientes remotos e singulares. Existe

certa carência de referências bibliográficas e informações sobre ilhas, sendo assim essenciais para a comunidade científica os estudos “in loco”.

Figura 09 – Ilha da Trindade.



Fonte: < <https://www.mar.mil.br/secirm/protrindade.html>>. Acesso em 01 de junho de 2014.

Do ponto de vista territorial, a ocupação da IT como uma base militar e de pesquisa garante a ampliação da zona econômica exclusiva (ZEE) do país. As atividades de pesquisa nas ilhas brasileiras contam com o apoio da Marinha do Brasil, por meio da Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar – SECIRM, e inclinam-se para os ramos da biologia, geologia, oceanografia, recursos pesqueiros, meteorologia, dentre outros. Quanto à Ilha da Trindade, o projeto PROTRINDADE garante a operacionalização das estações científicas ali presentes e através dos dados coletados, subsidiam a elaboração de estudos como o que ora está sendo apresentado, bem como a ocupação do patrimônio territorial.

A IT tem temperatura média anual de 27° C e está sob influência do clima tropical atlântico e dos ventos alísios de sudeste (SERAFINI *et al*, 2010). Os “pirajás”, fenômenos usuais na ilha, são ligeiras ocorrências de chuva.

A IT pode sofrer influência da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) nos meses de inverno, quando esse sistema apresenta-se mais intenso e deslocado mais a norte e a oeste da sua posição original. A IT também se localiza em região de possível influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), a qual traz associados centros de baixa

pressão. Estes sistemas de grande escala podem estar associados a passagens periódicas de frentes frias na região da IT, as quais são determinadas por variação na pressão atmosférica e na força e sentido dos ventos. Frentes frias possuem duração média de 2 a 3 dias e geralmente se deslocam de sudoeste para nordeste sobre o oceano Atlântico adjacente à América do Sul, tendo maior frequência entre os meses de maio e setembro e menor frequência de dezembro a fevereiro (CAVALCANTI *et al.*, 2009).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia empregada neste trabalho foi dividida em três etapas: a primeira etapa consistiu na aquisição de dados em campo. A segunda etapa foi focada no tratamento e análise dos dados. As correlações entre as séries temporais foram obtidas na terceira etapa.

### 4.1 Obtenção de dados “*in situ*”

Dados de nível do mar foram obtidos através de um marégrafo tipo radar do fabricante OTT, modelo RLS instalado em terra na Ilha da Trindade (FIGURA 10). O sensor mede o nível do mar em uma área e em alta frequência durante 20 segundos, produzindo um valor médio que filtra a influência das ondas. Médias, a cada 10 minutos dos valores coletados a cada 20 segundos, são produzidas pelo *datalogger* da Campbell Scientific modelo CR206X e transmitidas via rádio para o *datalogger* principal do tipo Campbell CR1000 instalado na estação meteorológica (FIGURA 11). O datalogger principal acopla as informações do marégrafo com os outros sensores meteorológicos e armazena os dados em alta frequência (10 minutos) em cartão de memória.

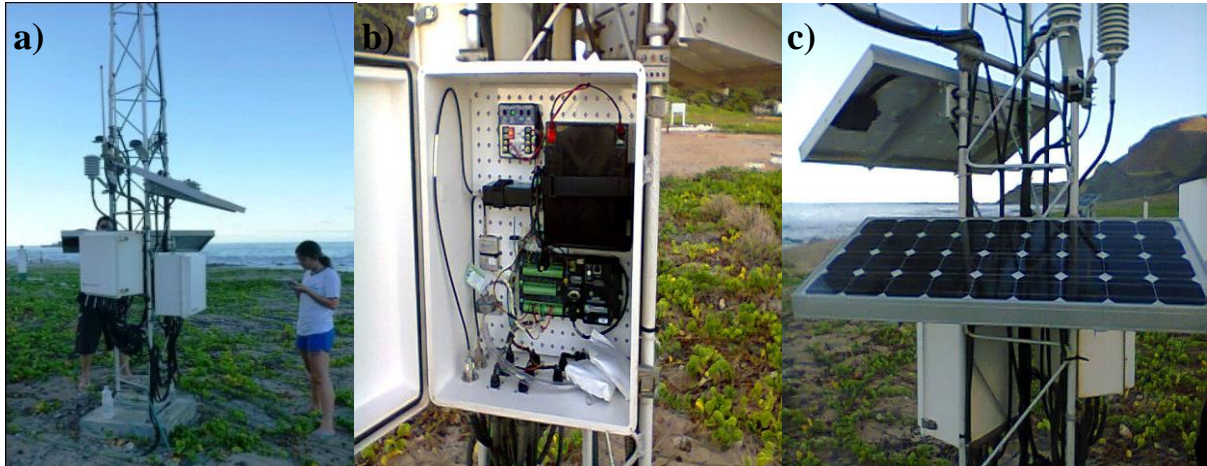
Figura 10 – Marégrafo instalado.



Fonte: Domingos Urbano, 2012

A estação meteorológica (FIGURA 09) possui uma torre de alumínio de 10 m de altura para sustentação dos sensores de vento e está acoplada a um GPS para que o relógio do *datalogger* seja corrigido a cada 24 horas, garantindo a hora exata do registro de maré.

Figura 11 – Estação meteorológica.



Fonte: a autora, 2014. Legenda: a) estação meteorológica; b) unidade de processamento; c) painel solar.

O sistema é redundante, ou seja, possui duplicidade completa de sensores e seu abastecimento energético se dá por painéis solares e sistema de baterias independentes.

Para a obtenção dos dados armazenados em cartões de memória, foi necessário realizar uma viagem científica à Ilha da Trindade, por meio do Navio-Patrolha Oceânico Amazonas, da Marinha do Brasil.

A série de dados brutos utilizada na realização deste trabalho compreende o período de 30 de outubro de 2012 a 31 de janeiro de 2014.

#### 4.2 Processamento e análise dos dados

Normas de tratamento de dados de nível do mar são fornecidas pelo Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL) e Global Sea Level Observing System (GLOSS). O processamento e a análise dos dados de nível utilizados neste trabalho seguem parte destas normas (PARKER, 2007). A aplicação de filtros foi realizada tanto para os dados de nível quanto para os dados de pressão e vento.

Os dados de vento fornecidos pela estação meteorológica foram convertidos de coordenadas polares para cartesiana, em suas componentes zonal (u) e meridional (v). O vento foi rotacionado em 45° no sentido anti-horário, de acordo com a inclinação das isóbatas da ilha, embora não possa ser corretamente chamada linha de costa. Obteve-se, então, ventos



paralelos (vento meridional rotacionado) e perpendiculares (vento zonal rotacionado) às linhas de batimetria da face da ilha onde o marégrafo está instalado.

#### ***4.2.1 Remoção de spikes e interpolação***

Verificou-se que a série temporal de dados apresentava valores atípicos, ou *spikes*, que são picos normalmente originados por conta de possível mau funcionamento elétrico do sensor ou do *datallogger*.

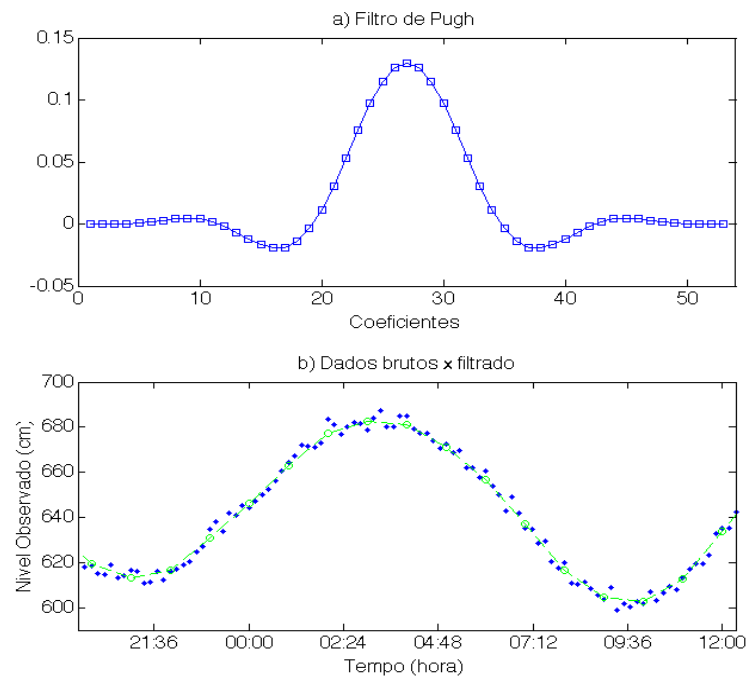
A consistência temporal das séries de 10 minutos foi verificada. A ocorrência de dados ausentes foi muito baixa, com valor médio de 5 lacunas em uma série de 14 meses (total de 66.2012 observações). As lacunas originais e aquelas geradas após a remoção dos *spikes*, que conferem irregularidades aos dados coletados, foram preenchidas através de interpolação linear. Este processo pode ser aplicado, pois o número de lacunas foi baixo. Caso grandes intervalos de dados ocorram, a interpolação não é indicada.

#### ***4.2.2 Filtragem da maré e conversão para valores horários das séries temporais***

Os dados de nível do mar coletados a cada 10 minutos foram filtrados com o filtro descrito por Pugh (1987) e reduzidos para valores horários, a fim de que fossem eliminadas possíveis contribuições de agitações marítimas, mas sem se deixar perder sinais de alta frequência relevantes para o cálculo das constituintes harmônicas de maré. Para mais detalhes do filtro utilizado e seus coeficientes, ver Apêndice 1 de Pugh (1987).

O filtro descrito por Pugh (1987), tanto minimiza a quantidade de dados perdidos no início e no final dos registros, como elimina com precisão frequências um pouco abaixo da banda de maré diurna. A simetria do filtro garante que não haja deslocamento de fase da maré no tempo, o que ocorreria caso fossem feitas apenas as médias horárias (FIGURA 12).

Figura 12 – Curva do filtro usado inicialmente nos dados de nível do mar e resultado da filtragem (curva verde) em comparação com os dados originais (curva pontilhada azul).



Fonte: a autora.

O filtro de Pugh, desenhado especialmente para séries periódicas, não foi aplicado aos dados atmosféricos. Estas séries serão filtradas mais à frente neste trabalho, porém foram convertidas para valores horários.

#### 4.2.3 Análise harmônica

A análise de maré garante uma melhor visão da hidrodinâmica local, bem como o entendimento das componentes forçantes de maré, o que permite a caracterização ideal da maré local. A análise harmônica é utilizada para determinação das amplitudes e fases dos constituintes harmônicos e realização de uma previsão mais acurada da maré.

A análise harmônica foi realizada no software “*MatLab*” através do pacote de programação “*t\_tide*” (Pawlowicz, et al., 2002), o qual determina as constituintes harmônicas de maré realizando as devidas correções nodais, relativas à regressão dos nodos lunares, em um período de 18,6 anos, e calcula o intervalo de confiança dos componentes analisados.

O resíduo foi obtido através da subtração da maré prevista do nível observado. Este processo garante que o sinal gerado pelas forçantes astronômicas sejam removidos da série original.

A fórmula harmônica utilizada para realizar previsão de marés segue abaixo:

$$h(t) = H_0 + \sum_{i=1}^n f_i H_i \cos(a_i t + \{V_0 + u\}_i - k'i) \quad (4)$$

onde:  $H_0$  é o nível médio da água (datum);  $f_i$  é o fator nodal;  $H_i$  é a amplitude da onda  $i$ ;  $a_i$  é a velocidade angular da onda;  $\{V_0 + u\}_i = V_0$  é o argumento inicial e  $u$  sua correção (esse termo pode ser chamado de argumento de equilíbrio e representa a situação da onda no início da série temporal referida ao meridiano de Greenwich, diferindo-se conforme varie a longitude da estação);  $k'i$  é a fase da onda (relativo ao posicionamento da lua acima da estação);  $t$  é o tempo desde  $t_0$  (instante do primeiro valor a prever) e  $n$  é o número de constituintes consideradas.

A partir dos constituintes calculados, foi possível identificar as principais forçantes do local, e posteriormente classificar o regime de maré na ilha. Foi possível também quantificar a participação das componentes relacionadas à batimetria local e aos efeitos meteorológicos.

#### **4.2.4 Aplicação do filtro de Lanczos**

A filtragem digital é um importante passo no processamento dos dados coletados. Sua aplicação garante uma suavização da série temporal, ou seja, a retirada de dados de alta frequência (ruído). Os filtros garantem que sejam excluídas flutuações em bandas de frequência indesejada, o que permite uma melhor observação dos sinais de frequências relevantes para a análise.

A literatura descreve diversos tipos de filtros (EMERY e THOMSON, 2001; THOMSON, 1983), os quais permitem a passagem do sinal registrado em determinadas faixas do domínio de frequência (filtros de passa-banda). Um filtro passa-baixa, por exemplo, permite a passagem de sinais de baixa frequência, mas mitiga sinais de alta frequência.

Às séries temporais de resíduo, de vento e de pressão foi aplicado o filtro cosseno de Lanczos, o qual vem sendo amplamente utilizado em estudos oceanográficos (EMERY e THOMSON, 2001). Duchon (1979) fez demonstrações matemáticas desse filtro, mostrando

sua confiabilidade e eficiência. Valentim (2012) e Truccolo (1998) utilizaram o mesmo filtro ao abordar a influência meteorológica nas oscilações do nível médio do mar.

Diferentes parâmetros necessitam de diferentes frequências de corte. O vento, por exemplo, varia muito mais com o tempo do que a pressão, a qual apresenta variação mais lenta. Por isso, foram feitos vários testes com diferentes frequências de corte para se verificar em quais bandas de frequência existe a maior correlação entre as séries temporais. Foram removidas perturbações com períodos inferiores a 24, 36 e 72 horas utilizando os parâmetros de peso nos valores 240, 360 e 720, respectivamente.

#### ***4.2.5 Análise espectral e correlação cruzada***

Séries temporais podem ser examinadas no domínio das frequências, que revela como a energia está disposta na série em função das bandas de frequência. Dessa forma, foi utilizada a análise espectral para identificar os picos de energia nas séries de nível do mar (marés e resíduo) e meteorológicas.

Foram aplicados dois métodos para determinação do espectro: periodograma e Densidade Espectral de Potência (PSD). Para o PSD, aplicou-se o método não-paramétrico de Welch que estima o espectro dos sinais de caráter aleatório. Este método consiste basicamente na segmentação da série temporal, no cálculo modificado do periodograma para cada segmento e conseguinte média das densidades espectrais estimadas. Isto possibilita uma diminuição na variância do sinal registrado como um todo.

Correlações cruzadas entre as séries foram utilizadas para quantificar as contribuições do campo de pressão atmosférica e dos ventos no resíduo. O coeficiente de determinação ( $r^2$ ) mostra o percentual da variância de uma das séries temporais que pode ser explicado a partir do valor de outra. As séries tiveram sua média removida para que não houvesse efeitos errôneos ao se estimar os componentes de baixa frequência no espectro.

### **4.3 Tipo de maré a partir do Número de Forma**

Para saber a importância relativa das influências diurnas e semidiurnas na maré, compararam-se as amplitudes das duas principais constituintes diurnas K1 e O1 com as duas principais semidiurnas M2 e S2:

$$F = (HK1 + HO1) / (HM2 + S2) \quad (5)$$

De acordo com o valor do Número de Forma obtido, o regime de marés é classificado de acordo com a TABELA 01:

Tabela 01 – Classificação do tipo de maré conforme o Número de Forma (F).

<b>Número de Forma</b>	<b>Tipo de Maré</b>
<b><math>0 &lt; F &lt; 0,25</math></b>	Maré semidiurna regular
<b><math>0,25 &lt; F &lt; 1,50</math></b>	Maré semidiurna com forte desigualdade diurna
<b><math>1,50 &lt; F &lt; 3,00</math></b>	Maré mista
<b><math>F &gt; 3,00</math></b>	Maré diurna

Fonte: a autora.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Constituintes harmônicos de maré**

A previsão de maré para a IT foi feita com 458,67 dias de dados. Foram encontradas 67 constituintes, sendo apenas 40 delas estimadas com 95% de significância estatística. A maré explica 99% do nível do mar. A TABELA 02 lista as principais constituintes harmônicas de maré da Ilha da Trindade.

Tabela 02 – Principais constituintes harmônicas de maré na Ilha da Trindade obtidas no período de 30 de outubro de 2012 a 31 de janeiro de 2014.

Constituintes de longo período					
Constituinte	Freq. (cph)	Amplitude (cm)	Erro amplitude (cm)	Fase (graus)	Período (horas)
SA	0.0001	5.5	0.85	73.1	8764.24
SSA	0.0002	2.6	0.87	42.6	4382.12
Constituintes diurnas					
O1	0.0387	5.5	0.11	150.3	25.82
K1	0.0418	3.1	0.10	225.3	23.93
Q1	0.0372	1.7	0.12	116.3	26.87
P1	0.0416	1.1	0.11	210.6	24.07
NO1	0.0403	0.4	0.13	290.4	24.83
SIG1	0.0359	0.3	0.10	103.2	27.85
2Q1	0.0357	0.3	0.13	83.4	28.01
OO1	0.0448	0.3	0.18	42.0	22.31
RHO1	0.0374	0.2	0.10	135.4	26.72
ALP1	0.0344	0.2	0.12	69.5	29.07
Constituintes semidiurnas					
M2	0.0805	37.4	0.22	189.4	12.42
S2	0.0833	15.7	0.24	205.4	12.00
N2	0.0790	6.7	0.20	190.6	12.66
K2	0.0836	4.6	0.25	201.1	11.97
MU2	0.0777	2.2	0.18	178.1	12.87
L2	0.0820	1.1	0.18	213.1	12.19
NU2	0.0792	1.0	0.18	190.2	12.63
2N2	0.0775	1.0	0.20	203.0	12.91
T2	0.0832	0.7	0.21	194.6	12.02
EPS2	0.0762	0.7	0.20	164.2	13.13
MKS2	0.0807	0.5	0.25	192.9	12.39
Componentes complementares de alta frequência					
M3	0.1208	0.3	0.09	215.3	8.28
MK3	0.1223	0.3	0.09	213.0	8.18
SK3	0.1251	0.1	0.08	318.3	7.99
MN4	0.1595	0.3	0.15	281.4	6.27
M4	0.1610	0.6	0.14	291.3	6.21
SN4	0.1623	0.3	0.16	33.3	6.16
MS4	0.1638	0.3	0.17	30.6	6.10
S4	0.1667	0.3	0.15	56.0	6.00
2MN6	0.2400	0.3	0.09	215.1	4.17
M6	0.2415	0.5	0.10	208.6	4.14
2MS6	0.2444	0.6	0.11	222.8	4.09
2MK6	0.2446	0.2	0.12	225.5	4.09
2SM6	0.2472	0.3	0.10	236.4	4.05
MSK6	0.2474	0.2	0.12	227.8	4.04
3MK7	0.2833	0.1	0.05	85.4	3.53
M8	0.3220	0.2	0.03	35.3	3.11

Fonte: a autora.

Os constituintes semidiurnos  $M_2$  com 37,4 cm e  $S_2$  com 15,7 cm apresentam as maiores amplitudes, seguidas de  $N_2$  com 6,72 cm. A amplitude dos constituintes de águas rasas é da ordem de poucos milímetros; as componentes com maiores amplitudes são a  $2MS_6$  com 0,57 cm e a  $M_4$  com 0,56 cm, provando mínima importância destes constituintes na maré destas regiões.

Em Menezes (2007), as constituintes de águas rasas de Macaé e Ilha Fiscal – RJ apresentaram maiores amplitudes. Ao se comparar com amplitudes médias dos constituintes de águas rasas do estuário da Lagoa dos Patos - RS, encontradas por Ribeiro(2008), percebe-se maior diferença entre os valores, por se tratar de uma comparação entre uma região estuarina e uma região insular. Na cidade de Cananeia – SP, região isolada do continente e formada por ilhotas, Costa (2010) encontrou maiores amplitudes dessas constituintes. Truccolo (1998) afirmou que a espécie de água rasa  $M_4$ , com 11 cm, possui amplitude igual ou maior que os constituintes diurnos  $O_1$  e  $K_1$ , demonstrando a importância desta constituinte na maré de São Francisco do Sul. A TABELA 03 compara algumas constituintes de águas rasas de várias localidades com a ilha aqui abordada.

Tabela 03 - Amplitudes (em cm) de constituintes de maré associadas a águas rasas em vários locais.

Constituintes	IT	Macaé (RJ)	Ilha Fiscal (RJ)	Lagoa dos Patos (RS)	Cananeia (SP)
M3	0,33	0,53	0,68	-	8,1
MK3	0,27	0,32	0,33	-	2,7
MN4	0,31	-	-	2,69	3,4
M4	0,56	-	-	4,78	7,0
SK3	0,12	-	0,38	-	4,70
MS4	0,30	-	-	-	3,80

Fonte: a autora.

## 5.2 Número de Forma

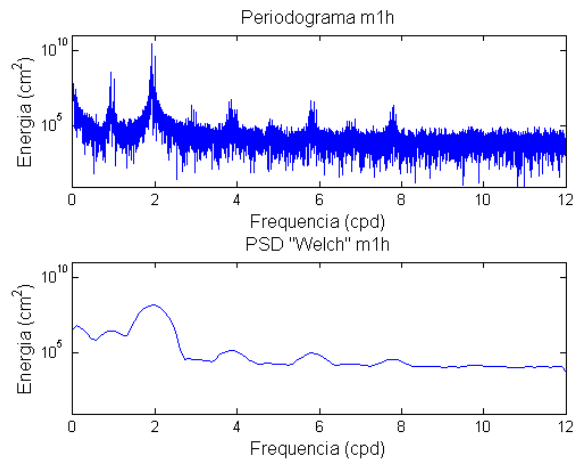
O número de forma foi de  $F=0,1619$ , o que garantiu a presença de uma maré semidiurna regular. Essa informação pode ser acrescida daquela contida em IBGE (2011), onde consta que a mesma ilha apresenta regime de micromaré com amplitude média de 1 a 2 metros.

## 5.3 Análise espectral

O método do periodograma aplicado nas séries temporais, baseado na transformada de Fourier, é mais adequado para séries estacionárias (EMERY e THOMSON,

2001). Portanto, os picos de energia dominantes ao longo do espectro ficam mais difíceis de ser detectados. Diferentemente, o método de Welch permite melhor visualização de onde se concentram os picos de energia. A figura 13 apresenta os resultados da aplicação dos dois métodos na série de nível do mar.

Figura 13 – Periodograma e PSD da série de nível do mar.

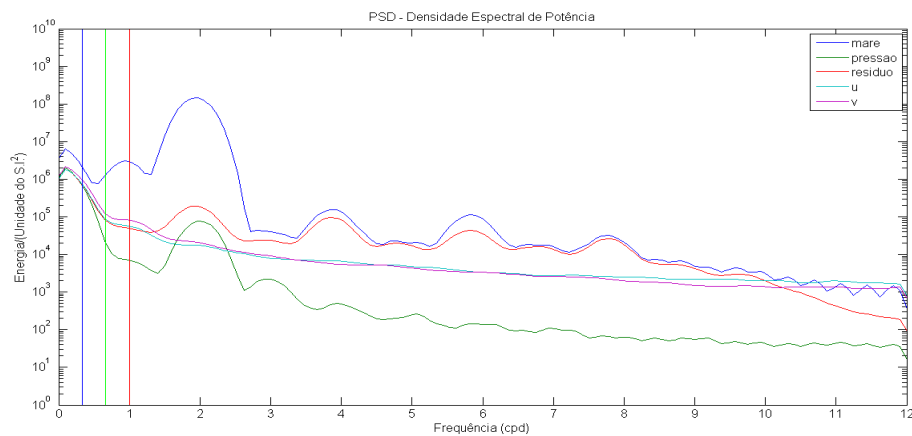


Fonte: a autora.

Nota-se que ambos os gráficos apresentam os picos de energia nas bandas de 1, 2, 4, 6 e 8 cpd. Porém, o periodograma apresenta sinal com ruídos em alta frequência.

A figura 14 permite examinar as curvas de densidade espectral das séries temporais aqui estudadas de forma concomitante.

Figura 14 – Densidade espectral das séries temporais atmosféricas e oceanográficas.



Fonte: a autora.



A curva espectral do nível do mar mostra contribuição energética do nível residual neste parâmetro. Os maiores picos do resíduo, da pressão atmosférica e das componentes zonal e meridional do vento aparecem na banda de menor frequência. Isto quer dizer que a faixa espectral de maior energia do resíduo se deve a variações de maior período, ou de ciclo mais longo.

As curvas de PSD do resíduo e da pressão atmosférica apresentam picos de energia centrados em 2cpd (FIGURA 14). Segundo Varejão-Silva (2006), a curva diária de pressão característica de regiões tropicais apresenta máximos valores que ocorrem próximos às 10 e 22 horas, e mínimos próximos às 4 e 16 horas. Isto demonstra que a pressão atmosférica exerce contribuição no resíduo do nível do mar na região de estudo aqui abordada, nesta faixa de frequência.

A série temporal de ventos de superfície não revelou picos diários referentes ao sistema de brisas marinhas e/ou terrestres, que em localidades costeiras normalmente aparecem, diferentemente de regiões insulares de pequena extensão territorial. A densidade espectral dos ventos de superfície ao todo não apresentou picos, exceto na banda de mais baixa frequência.

A atuação de uma frente fria em uma região dura em média 2 a 3 dias, causando principalmente a variação brusca na pressão atmosférica, mas também uma modificação na magnitude e velocidade dos ventos (CAVALCANTI *et al.*, 2009). O intervalo entre a passagem de frentes consecutivas é em média de 6 a 11 dias. Porém, ao se observar o gráfico de densidades espectrais, vê-se que não existem picos nessas bandas de frequência, provando que não existe tal periodicidade de passagens destes sistemas atmosféricos nessa região.

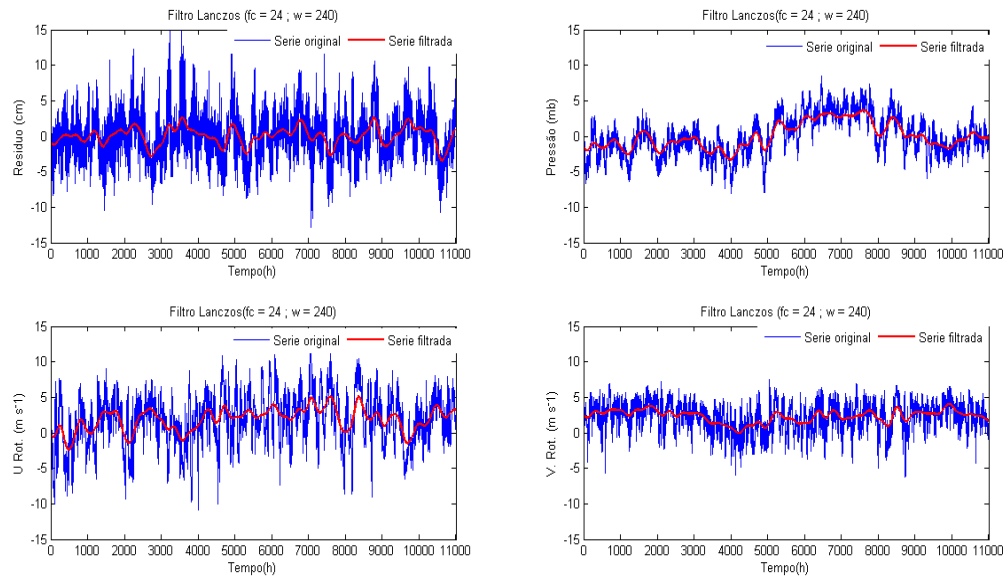
As retas verticais traçadas no gráfico da figura 14 representam as frequências de corte posteriormente utilizadas na etapa de filtragem numérica nas bandas espectrais que concentram maior energia no resíduo. Estas linhas ajudam na identificação da faixa de frequência que os fenômenos atmosféricos influenciam na variação do nível da água, quando se eliminam frequências maiores que 1 cpd. Em outras palavras, este estudo foca a contribuição atmosférica de eventos de mais longo período.

#### **5.4 Filtragem das séries temporais**

As figuras a seguir mostram como as séries temporais se comportam após a aplicação do filtro de Lanczos. Com a filtragem, ocorre grande atenuação do sinal registrado. É possível verificar que o efeito das filtrações é semelhante para todas as séries: ao se

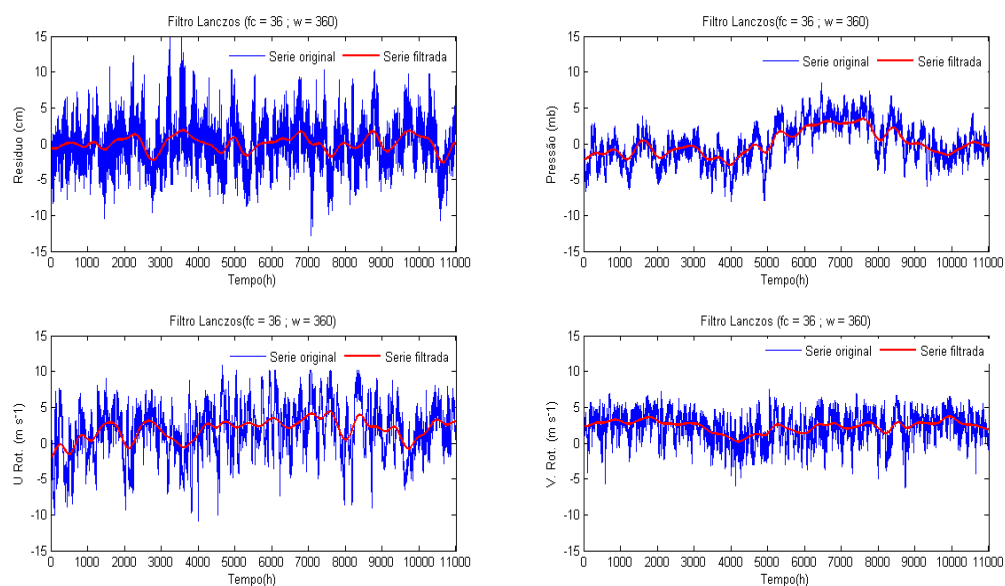
umentar a frequência de corte e o número de pesos do filtro, as séries temporais se tornam mais “alisadas”.

Figura 15 – Séries temporais com dados originais e dados filtrados utilizando frequência de corte de 24 horas e janela de 240 horas.



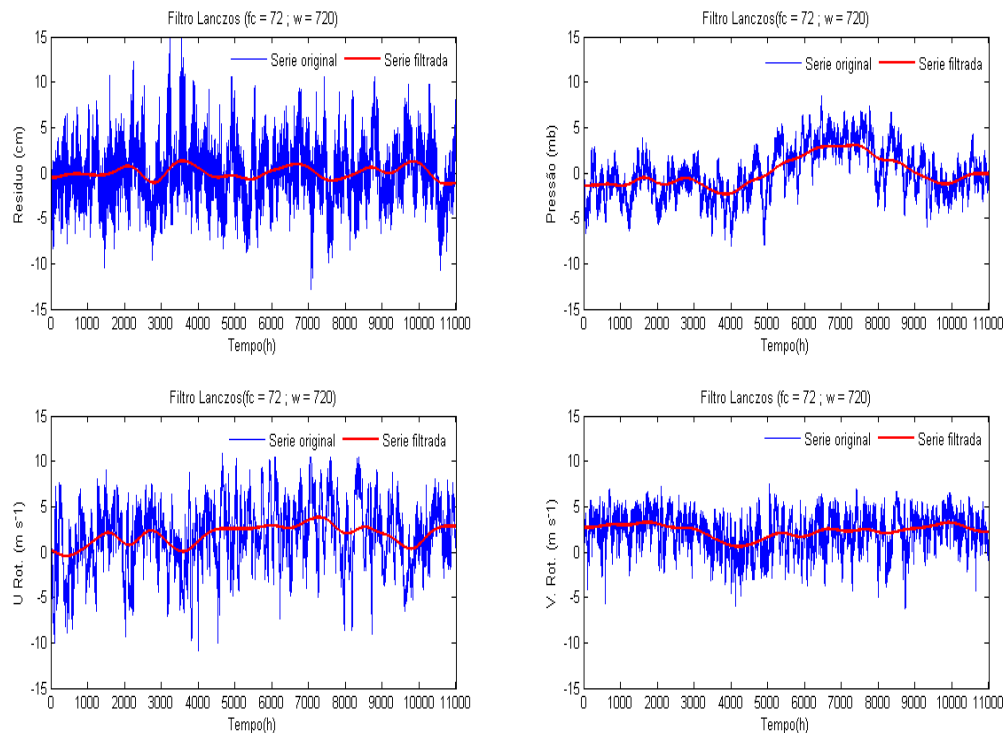
Fonte: a autora. Legenda: a) série residual, b) série de pressão, c) série de vento zonal, d) série de vento meridional.

Figura 16 – Séries temporais com dados originais e dados filtrados utilizando frequência de corte de 36 horas e janela de 360 horas.



Fonte: a autora. Legenda: a) série residual, b) série de pressão, c) série de vento zonal, d) série de vento meridional.

Figura 17 – Séries temporais com dados originais e dados filtrados utilizando frequência de corte de 72 horas e janela de 720 horas.



Fonte: a autora. Legenda: a) série residual, b) série de pressão, c) série de vento zonal, d) série de vento meridional.

As frequências de corte utilizadas neste estudo eliminam variações de curto período. O contraste dos gráficos mostra o quanto das oscilações em alta frequência são removidas ao se aplicar o filtro de Lanczos.

O corte de 24 horas preserva variações nos parâmetros da ordem de dias ou mais. O corte de 36 horas preserva oscilações de maior período, da ordem de semanas a meses. Com o corte de 72 horas preserva variações em mais baixas frequências, como variações sazonais. Com a frequência de corte de 72 horas, torna-se mais fácil observar a variação sazonal na curva de pressão atmosférica (FIGURA 17, item b).

### 5.5 Correlações entre as séries temporais

A metodologia de filtragem é fundamental para o cálculo de correlações. A alta resolução dos dados observacionais inclui na série temporal a variação de alta frequência. Esta parte do sinal é indesejada para a análise proposta e precisa ser removida pelos filtros de sinal. Todas as correlações sem a aplicação do filtro de Lanczos não apresentaram correlação

significativa. O cálculo do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) resultou em valores muito próximos de zero, indicando que o sinal de alta frequência contamina as séries temporais observadas.

A TABELA 04 apresenta os valores de correlação e  $r^2$  entre as séries temporais de nível residual e parâmetros atmosféricos.

Tabela 04 – Correlação e variância ( $r^2 \times 100$ ) entre parâmetros atmosféricos e resíduo do nível do mar.

Parâmetros correlacionados	fc=24; w=240	fc=36; w=360	fc=72; w=720	$r^2$	$r^2$	$r^2$
resíduo x pressão	-0.2317	-0.1998	-0.1113	5	4	1
resíduo x vento perpendicular	-0.4026	-0.4094	-0.3546	16	17	13
resíduo x vento paralelos	-0.0535	-0.015	0.0298	0	0	0

Fonte: a autora.

Para as séries filtradas, os valores de correlação foram mais altos, embora classificadas como baixa a moderada. Os valores de correlação decrescem à medida que se aumenta ao período de corte na maioria dos casos. Isto implica dizer que os parâmetros atmosféricos aqui abordados possuem maior influência no resíduo do nível do mar em bandas entre 24 e 36 horas, que corresponde a eventos de períodos de aproximadamente 1,5 dias.

A pressão atmosférica apresentou valores baixos de correlação para todos os períodos de corte. O corte em 24 horas mostrou a melhor correlação (-0,23) e os valores vão diminuindo à medida que se aumenta o período de corte. Os eventos de frequência um pouco menor que 1 cpd na variação do campo de pressão contribuem em 5% no resíduo do nível do mar. Os sinais negativos dos valores de correlação se devem ao fato de que as séries se relacionam de maneira inversamente proporcional, ou seja, um aumento na pressão ocasiona uma diminuição do nível do mar.

O efeito do vento na inclinação da superfície da água geralmente é mais notório quando sopra paralelo a costa devido ao transporte de Ekman. Porém, ao se tratar de uma região insular, o efeito de empilhamento pela ação direta do vento perpendicular à linha de costa é mais significativo que o empilhamento pela ação do transporte de Ekman. No caso das ilhas oceânicas de pequena extensão, não existe barreira imposta pela costa, e portanto não há empilhamento de larga escala.

O vento perpendicular à costa apresentou a correlação de -0,41 na  $f_c = 36h$ , o que quer dizer que este parâmetro representa 17% de influência no nível residual. A correlação negativa indica que quanto mais intenso for o vento nesta direção naquele local haverá uma diminuição do nível do mar. O vento paralelo à costa não apresentou correlação alguma (TABELA 04).

## 6 CONCLUSÃO

A maré na Ilha da Trindade apresenta regime semidiurno regular, com a  $M_2=37,4$  cm e  $S_2=15,7$  cm. As componentes de águas rasas apresentam mínima influência na amplitude da maré, sendo  $M_3$  a componente de alta frequência com maior amplitude (0,3 cm). As componentes relacionadas a efeitos meteorológicos influenciam no regime de maré, possuindo componente  $S_a$  com amplitude de 5,5 cm.

A contribuição da pressão atmosférica no nível residual da IT é de 5%. É conhecido da bibliografia que a contribuição da pressão na costa do Brasil é cerca de 10%. O vento perpendicular à costa é a forçante do resíduo enquanto a componente paralela apresentou correlação nula. Os parâmetros atmosféricos apresentam maior influência no resíduo nas bandas de baixa frequência.

Este trabalho apresentou uma análise preliminar visando quantificar a contribuição da pressão e dos ventos na geração do resíduo do nível do mar utilizando 14 meses de registros contínuos de nível do mar. É importante salientar que este estudo desenvolvido da Ilha da Trindade é inédito. A continuação das observações neste local garantirá o melhor entendimento da interação oceano-atmosfera em regiões insulares, particularmente no oceano Atlântico Sul. Uma análise estatística mais profunda precisa ser realizada para maior aprofundamento dos indicadores aqui apresentados.

## 7 TRABALHOS FUTUROS

Aplicar a metodologia de filtragem e análise de dados utilizada, neste trabalho, nos registros de amplitudes de marés coletados pela estação meteo-maregráficas instalada no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP).

Realizar a comparação entre os dados coletados no ASPSP e na IT, discutindo as diferenças encontradas, com base nos processos dinâmicos associados ao parâmetros coletados “in situ” (pressão, vento, chuva).

## REFERÊNCIAS

- CAMARGO, R.; DIAS, P. L. S.; CARUZZO, A.; ZACHARIAS, D. C.; HARARI, J.; Implementação de sistema de previsão de marés meteorológicas no Atlântico Sudoeste. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/12-3552efe322e3c99e4c1c3a638fa563c3.pdf>>. Acesso em: 18 de abril de 2014.
- CAVALCANTI, I.F.A. *et al.* **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 463p.
- COSTA, M.C.; **Influência das tensões do vento nas variações do nível médio do mar na região costeira de Cananéia (SP): filtragem numérica e análise espectral**. 2010. 179 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2010.
- CHENG, Y.; ANDERSEN, O.B.; KNUDSEN, P. Integrating Non-Tidal Sea Level data from altimetry and tide gauges for coastal sea level prediction. **Advances in Space Research**, v. 50, p. 1099-1106, 2012.
- DAS, P. **Modelling of Ocean Tides**. 1998. Tese (Doutorado em Filosofia) - University of New South Wales, Nova Gales do Sul, 1998.
- DUCHON, C. E. Lanczos filtering in one and two dimensions. **Journal of Applied Meteorology**, [S.l.], v. 18, p. 1016-1022, 1979.
- EMERY, W. J.; THOMSON, R. E. **Data analysis methods in Physical Oceanography**. Amsterdam: Elsevier Science BV, 2001. 636p.
- GORING, D.G. Short-term variations in sea level (2-15 days) in the New Zealand region. **Journal of Marine and Freshwater Research**, New Zealand, v. 29, 69-82, 1995.
- IBGE. **Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil**. IBGE, Diretoria de Geociências, Rio de Janeiro, 2011.176 p.
- McROBIE, A.; SPENCER, T.; GERRITSEN, H. The Big Flood: North Sea storm surge. **Philosophical transactions of the Royal Society A**, Londres, v. 363, p. 1263-1270, 2005.
- MENEZES, D. C.; **Contribuições metodológicas para a análise de flutuações atmosféricas e oceanográficas de baixa frequência na costa do Estado do Rio de Janeiro**. 2007. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Oceânica) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós- Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- OLIVEIRA, M.M. F.; EBECKEN, N. F. F.; SANTOS, I. A.; NEVES, C. F.; CALOBA, L. P.; OLIVEIRA, J. L. F. Modelagem da maré meteorológica utilizando redes neurais artificiais: uma aplicação para a Baía de Paranaguá –PR, parte 1: dados meteorológicos de estação de superfície. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 220-231, 2006.
- OPEN UNIVERSITY. **Waves, tides and shallow-water processes**. Inglaterra: Oxford, 1989. 187p.

- PARKER, B.B. **Tidal Analysis and Prediction**, Silver Spring, Maryland, 2007. 378p.
- PAWLOWICZ, R.; B. BEARDSLEY; S. LENTZ. Classical Tidal Harmonic Analysis Including Error Estimates in MATLAB using T\_TIDE. **Computers and Geosciences**, [S.l.], v. 28, p. 929-937, 2002.
- PUGH, D. T. **Tides, surges and mean sea level. A handbook for Engineers and Scientists**, New York, 1987. 486p.
- PUGH, D.T. **Tides, surges, and mean sea level.** , Reino Unido, Swindown: Natural Environmental Research Concil, 1996. 472p.
- PUGH, D.T.; **Changing sea levels.** Effects of tides, weather and climate. Cambridge University Press, New York, 2004. 265p.
- RAICICH, F. On the contributions of atmospheric pressure and wind to daily sea level in the norther Adriatic Sea. **Continental Shelf Research**, [S.l.], v. 30, pp1575-1581, 2010.
- RIBEIRO, C.R. **Processos de alterações da maré astronômica na desembocadura da Lagoa dos Patos.** 2008. 99 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Oceânica) - Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande do Sul, 2008.
- SERAFINI, T.Z. *et al.* Brazilian oceanic islands: known biodiversity and its relation to the history of human use and occupation. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**. [S.l.], v. 10, n. 3, p. 281-301, 2010.
- THOMPSON, R. O. R. Y. Low-Pass Filters to Suppress Inertial and Tidal Frequencies. **Journal of Physical Oceanography**, [S.l.], v. 13, pp 1077-1083. 1983.
- TRUCCOLO, E.C. **Maré Meteorológica e forçantes atmosféricas locais em São Francisco do Sul – SC.** 1998. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.
- UAISSONE, A. J. R.; **Influência das forçantes atmosféricas em mesoescala sobre o nível médio do mar em Piraquara, RJ.** 2004. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica). Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós- Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
- VALENTIM, S.S.; **Análise das variações do nível médio do mar (NMM) em Ubatuba (SP) a partir de dados maregráficos.** 2012. 86f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambientes e Recursos Hídricos), Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, 2012.
- VAREJÃO-SILVA, Mário Adelmo. **Meteorologia e Climatologia.** Versão digital 2. Recife, Pernambuco, 2006. 449 p.