

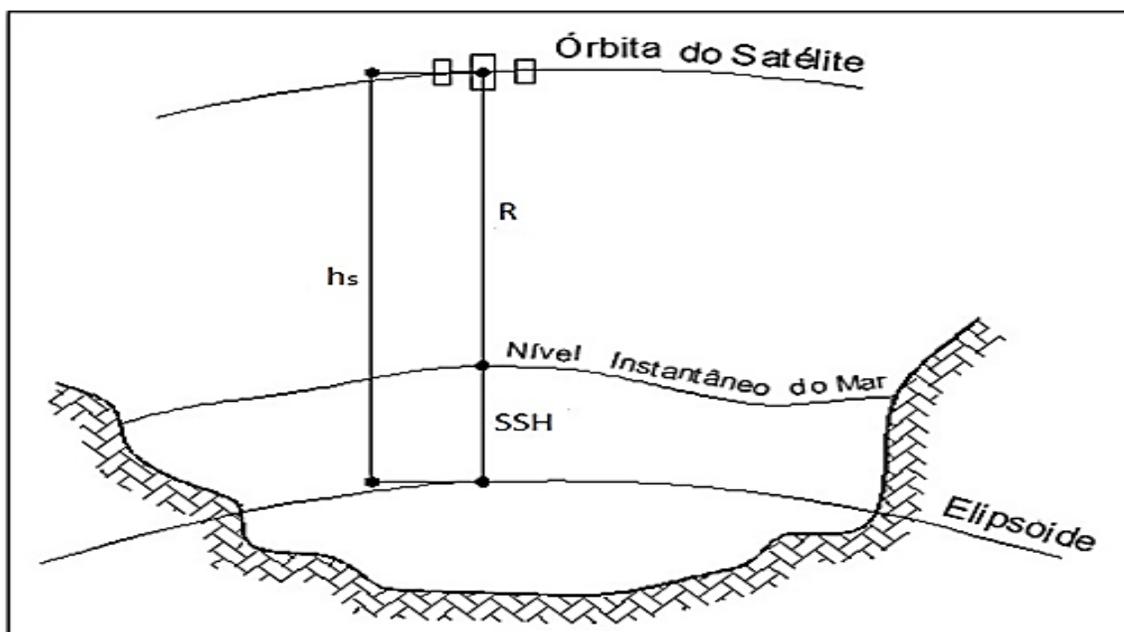


UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Licenciatura em Oceanografia

Validação de Dados de Altimetro com Base em Dados de Marégrafos na Costa de Moçambique



Zeinul Dufa Hassane Veriua



Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Monografia Submetida para Obtenção do Grau de Licenciatura em Oceanografia

**Validação de Dados de Altimetro com Base em Dados de
Marégrafos na Costa de Moçambique**

Autor:

Zeinul Dufa Hassane Veriua

Supervisor: Prof. Doutor Fialho P. J. Nehama

Co-Supervisora: Dra. Clousa Maueua

Quelimane, Abril de 2019

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradecer a Allah (Deus) pela Bênção e Misericórdia que tem espalhado sobre mim a todo momento da minha vida.

Agradecer aos meus pais Dufa Hassane Veriua e Tuafina Saíde Sulemane por cuidarem de mim, pela educação e por me fazer perceber desde pequeno que a escola é o caminho para o sucesso.

Nenhuma palavra seria suficiente para expressar a minha inteira gratidão ao meu supervisor Prof. Doutor Fialho Nehama. A Dra. Clousa Maueua e ao Dr. Noca Furaca pelas sugestões e contribuições que foram importantes para a elaboração do presente trabalho.

Ao projecto Coastal Risk Information Service (C-RISe) pela formação e cedência de dados.

Os meus agradecimentos se estendem ao Professor Doutor António Hogueane, responsável pela realização deste curso, à Prof. Doutora Eulália Mugabe, dr. Fernando Saíde, dr. Teófilo Ferraz, dr^a. Yolanda Mula, dr. Humberto Mabota, dr. Banito Magestade e a dr^a. Carlota Alves.

Aos meus irmãos Aissa, Hosny, Ismey, Rabeeny, Kaweel e ao meu primo Nelson Eusébio, agradeço por apoiarem-me sempre, mesmo nos momentos difíceis.

Aos meus amigos incondicionais Yura, Leonel, Úrsula, Resito, Virgílio, Fernando, Elda, Ribeiro, Lai Wá, C. Timba e Autênsio, agradeço pela amizade, pelas discussões construtivas, troca de experiências e por proporcionarem-me os melhores momentos da minha vida como estudante.

A todos os docentes da ESCMC que directa ou indirectamente tornaram possível a minha formação e a todos os meus colegas que juntos estamos desde 2015 até hoje, em particular aos do curso de Oceanografia, obrigado pela vossa companhia.

“Vá firme na direcção da sua meta porque o pensamento cria, o desejo atrai e a fé realiza!”

-Lauro Trevisan-

DEDICATÓRIA

*Ao meu pai, Dufa Hassane Veriua
E a minha mãe, Tuafina Saíde
Sulemane.*

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro que esta monografia nunca foi apresentada para obtenção de qualquer grau e que ela constitui o resultado do meu labor individual. Esta monografia é apresentada em cumprimento parcial dos requisitos de obtenção do grau de Licenciatura em Oceanografia, da Universidade Eduardo Mondlane.

Quelimane, Abril de 2019

O autor:

(Zeinul Dufa Hassane Veriua)

RESUMO

A altimetria por satélite revolucionou a compreensão humana sobre a dinâmica oceânica graças à amostragem frequente e à cobertura global. Mesmo assim era difícil no passado, recuperar dados úteis de satélites altimétricos próximos à costa, devido a contaminação do solo da forma de ondas de retorno, e assim sendo o Centro Oceanográfico do Reino Unido (NOC) desenvolveu o algoritmo retroconversor de altímetro ALES para regiões costeiras, com a finalidade de reprocessar dados de altímetro de missões passadas para fornecer uma série temporal contínua do nível do mar. O nível total de água e a altura da superfície do mar estimados pelo ALES é validado para as missões Jason-1 e Jason-2 para os anos de 2002 à 2016, a validação dos dados ALES é realizada por comparação com dados de marégrafos de cada estação de medição do nível do mar selecionadas para o presente estudo por via de um software específico no ambiente Python, que é potencialmente dedicado a este tipo de comparação.

Os resultados indicam que existe boa concordância entre as duas observações (altimetria por satélite e marégrafo) embora as estações de Inhambane e Beira não mostrem, pois deve-se a insuficiência de dados uma vez que provavelmente, para ter boas estimativas do nível do mar é preciso ter dados de pelo menos 2 anos de medição. Na estação de Maputo o coeficiente de correlação é menor com 0.29, porém a semelhança entre as observações é maior, entretanto é possível notar a concordância entre as observações de altímetros e de marégrafos na estação de Pemba com máxima correlação de 0.71, o que demonstra confiabilidade nos dados costeiros de satélite reprocessados pelo NOC para análise do nível do mar em Moçambique.

Palavras-chave: Validação, Altímetro, Marégrafo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração da área de estudo. Canal de Moçambique (em azul) juntamente com as estações maregráficas (pontos vermelhos).....	1
Figura 2: Princípio simplificado da altimetria por satélites.....	5
Figura 3: Determinação do SSH através da diferença da distância satélite-superfície.....	6
Figura 4: Medição do altímetro nas zonas costeiras e ilustração do sinal contaminado.....	7
Figura 5: Procedimento de aquisição e correção de dados brutos de marégrafos.....	9
Figura 6: Localização dos marégrafos nas estações de estudo (ponto vermelho) juntamente com os passes altimétricos mais próximos (traços preto).....	13
Figura 7: Correlação entre observações de altimetria e de marégrafos nas estações de Maputo e Inhambane em função da distância da costa (preto – eixo esquerdo). A distância do marégrafo também é mostrada em (vermelho - eixo direito).....	15
Figura 8: Correlação entre observações de altimetria e maregráficas nas estações de Beira e Pemba em função da distância da costa (preto – eixo esquerdo). A distância do marégrafo também é mostrada em (vermelho - eixo direito).....	16
Figura 9: RMSd entre as observações de altimetria e de marégrafos nas estações de estudo em função da distância da costa (preto – eixo esquerdo). A distância do marégrafo também é mostrada em (vermelho - eixo direito).....	18
Figura 10: Representação gráfica de séries temporais do nível do mar a partir de observações de altimetria versus de marégrafos.....	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Localização geográfica dos marégrafos por estações.....	10
Tabela 2: Dados costeiros de satélite altimétrico reprocessados pelo NOC.....	11
Tabela 3: Máxima correlação e mínima diferença RMS observados entre medição de altimetria e de marégrafos.....	19
Tabela 4: Estatísticas de avaliação do desempenho do algoritmo ALES para Maputo e Inhambane.....	21
Tabela 5: Estatísticas de avaliação do desempenho do algoritmo ALES para Beira e Pemba.....	21

ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

ALES	<i>Adaptive Leading-Edge Subwaveform</i>
ALTSAT	Altimetria por Satélite
CGDR	<i>Coastal Geophysical Data Record</i>
C-RISe	<i>Coastal Risk Information Service</i>
CTOH	<i>Centre for Topographic studies of the Ocean and Hydrosphere</i>
GLOSS	<i>Global Sea Level Observing System</i>
h_{NIM}	Altura da superfície instantânea do mar em relação ao elipsoide de referência
h_s	Altitude do satélite sobre um elipsoide de referência
INAHINA	Instituto Nacional de Hidrografia e Navegação
IOC-SLMF	<i>Intergovernmental Oceanographic Commission – Sea Level Monitoring Frequency</i>
J-1	Jason-1
J-2	Jason-2
NM	Nível do Mar
NOC	<i>National Oceanography Centre</i>
PSMSL	<i>Permanent Service for Mean Sea Level</i>
r	Coeficiente de Correlação
RMSd	<i>Root Mean Square difference</i>
R_s	Altitude do satélite sobre a superfície instantânea do mar
SGDR	<i>Sensor Geophysical Data Records</i>
SLA	<i>Sea Level Anomalies</i>
SSH	<i>Sea Surface Height</i>
TWLE	<i>Total Water Level Envelope</i>
UHSLC	<i>University of Hawaii Sea Level Center</i>

ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Objectivos.....	3
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Nível do Mar.....	4
2.2. Altimetria por Satélite	4
2.2.1. Medição do Nível do Mar pelo Radar Altimétrico	5
2.2.2. Contaminação Terrestre nas Formas de Ondas Altimétricas	7
2.3. Marégrafos.....	8
2.3.1. Redes de Marégrafos.....	8
2.3.2. Aquisição e Correção de Dados Brutos	9
III. MATERIAIS E MÉTODOS	10
3.1. Materiais.....	10
3.2. Métodos.....	11
3.2.1. Comparação entre os dados de Altimetria e de Marégrafo	11
3.2.2. Decomposição do Ciclo Anual e Semestral	12
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4.1. Resultados	13
4.1.1. Comparação entre os dados de Altimetria e de Marégrafos.....	13
4.1.1.1. Seleção de Passes de Altimetria	13

4.1.1.2. Seleção do Ponto ao Longo do Percurso Altimétrico com Oscilações mais Semelhantes às do Marégrafo	14
4.1.1.3. Séries Temporais Seleccionadas	19
4.1.2. Decomposição do Ciclo Anual e Semestral do Nível do Mar.....	21
4.2. Discussão.....	22
4.2.1. Correlação e diferença Média Quadrática da Raíz (RMSd).....	22
4.2.2. Séries Temporais de Altimetro e de Marégrafos	23
4.2.3. Análise Estatística de Altimetria e de Marégrafos	24
V. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	25
5.1. Conclusões	25
5.2. Recomendações	26
VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
ANEXOS	29

I. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

1.1. Introdução

O Canal de Moçambique (Figura 1) situa-se a Sudoeste do Oceano Índico entre as latitudes 10°S e 27°S com cerca de 1800 km de comprimento, a sua largura na parte mais estreita (16.11°S) é de cerca de 420 km e na parte mais larga (20°S) a largura do canal aproxima-se aos 1000 km.

O canal é limitado ao Norte pelas Ilhas Comores, a Este pela Ilha de Madagáscar e ao Sul está conectado ao sistema da Corrente das Agulhas.

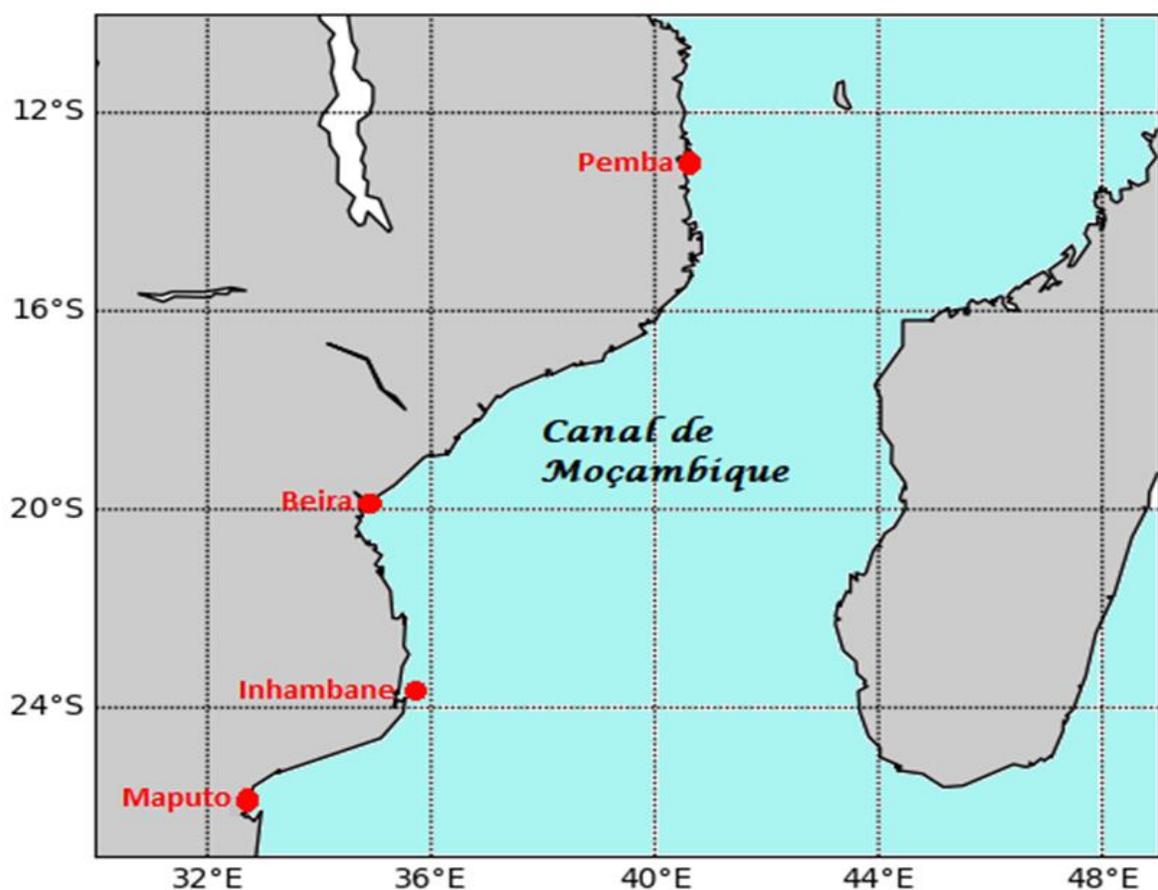


Figura 1: Ilustração da área de estudo. Canal de Moçambique (em azul) juntamente com as estações maregráficas (pontos vermelhos).

Ao longo da costa de Moçambique as marés são do tipo semidiurnas, com alturas que variam de cerca de 0.60 m nas marés de quadratura, chegando a atingir 7.50 m nas marés de sizígea, isto no Banco de Sofala (norte de Inhambane até sul de Nampula). Em condições de maré de sizígia, as alturas das marés nas regiões ao Norte atingem entre 4 m e 4.50 m enquanto ao Sul as alturas não excedem os 4 m (Sete *et al.*, 2002).

A altimetria por satélite é uma técnica de grande importância na oceanografia por contribuir de forma significativa nas observações feitas por marégrafos, visto que permite a observação do nível do mar a nível regional ou global.

As zonas costeiras apresentam uma maior necessidade de estudo uma vez que são zonas de maior risco ambiental devido às alterações climáticas (Nicholls e Cazenave, 2010), porém os dados do altímetro nestas zonas são sinalizados como não confiáveis devido à interferência da terra, na pegada do radiômetro, nas marés de alta frequência e nas forças atmosféricas. Como forma de ter um conjunto de dados de altimetria dedicados à costa, o *National Oceanography Centre* (NOC) criou o retroconversor *Adaptive Leading-Edge Subwaveform* (ALES) que é potencialmente aplicável a todas as missões de altimetria de pulsos limitados e seu objectivo é retroceder com a mesma precisão tanto os dados oceânicos quanto costeiros do nível do mar com o mesmo algoritmo (Passaro *et al.*, 2014).

O estudo de validação de dados costeiros de altímetros foi realizado pela primeira vez por Passaro *et al.*, 2014, na qual mostrou que o ALES consegue fornecer estimativas confiáveis da variação do nível do mar em regiões costeiras. A validação de dados de altímetro é amplamente processada por comparação com dados de marégrafos, uma vez que fornecem informações externas e independentes para serem usadas como referência (Prandi e Valladeau, 2014).

As medições de marégrafos e de altímetros do Jason-1 (J-1) e Jason-2 (J-2) constituem dois conjuntos de dados usados para o estudo. Apesar da cobertura espacial com os marégrafos não ser tão abrangente (cobrem apenas áreas costeiras), enquanto as medições altimétricas mostram o oceano global, a amostragem temporal do marégrafo é realmente melhor (uma medição a cada hora), enquanto as medições altimétricas do J-1 e do J-2 tem uma amostragem em intervalo de dez dias.

A implicação é a raridade na convergência entre as medições, uma vez que as observações de altimetria e de marégrafos coincidem apenas se não houver movimento vertical da terra, isto é, as medições do altímetro não são feitas no local do marégrafo, mas em algum ponto do oceano próximo da estação de medição do nível do mar, com isso, é preciso comparar estes dois conjuntos de dados para saber até que ponto se pode confiar na medição por satélites.

O presente estudo centraliza-se na costa de Moçambique, em particular nas estações de Maputo, Inhambane, Beira e Pemba (ver Figura 1), por serem regiões onde há disponibilidade de dados de maregráfos. Este estudo é importante para melhorar a resiliência socioeconómica aos riscos costeiros associados à mudanças do nível do mar, como inundações, danos causados por tempestades e também para o planeamento de novos empreendimentos de infraestruturas. Esta informação pode ser obtida através da comparação de dados medidos pelo marégrafo com os dados de altímetro e uma análise estatística destes conjuntos de dados.

1.2. Objectivos

Geral:

- Validar dados de altímetros com os dados de marégrafos a fim de analisar o nível do mar na costa de Moçambique.

Específicos:

- Comparar dados de altímetros e de marégrafos na costa de Moçambique;
- Analisar o ciclo anual e semestral do nível do mar a partir de dados altimétricos e maregráficos.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Nível do Mar

Nível Médio do Mar é a altura média da superfície do mar medida em relação a uma superfície terrestre de referência, referido ao elipsoide (Peixoto, 2007).

O Nível do Mar (NM) é a posição em que a superfície do mar se encontra relativamente a um ponto de referência que pode ser o fundo oceânico, o nível médio do mar ou o nível que a partir do qual se traçam as batimetrias. As ondas, as marés, a precipitação e os rios, são os principais factores que fazem com que o nível do mar não se mantém constante ao longo do tempo (Nehama, 2004).

2.2. Altimetria por Satélite

Segundo Dalazoana *et al.* (2005) a Altimetria por Satélite (ALTSAT) é uma técnica de sensoriamento remoto com importantes aplicações em geodesia, oceanografia, entre outras áreas, que proporciona uma obtenção contínua de dados e que por sua vez permite a observação global do NM. Sendo assim, a ALTSAT tem sido uma técnica eficaz no monitoramento da superfície do mar, fornecendo de tal forma dados do NM em grande quantidade.

Esta técnica de obtenção de dados do nível do mar por satélite utiliza um radar denominado altímetro, que transmite pulsos electromagnéticos para terra e recebe o sinal de retorno após ser reflectido pela superfície do mar (Dalazoana, 2005).

Um estudo realizado por Polito e Sato (2003) revela que o altímetro é um instrumento activo que emite sinais na frequência das micro-ondas do espectro electromagnético e estes sinais sofrem reflexão na superfície do oceano, voltando à antena do satélite parte do sinal reflectido após algum tempo Δt .

2.2.1. Medição do Nível do Mar pelo Radar Altimétrico

Segundo Peixoto (2007) o radar altimétrico do satélite emite sinais com alta frequência à superfície terrestre e recebe o eco da superfície do mar, na qual este sinal é analisado utilizando cálculos que geram uma medição precisa da distância entre o satélite e a terra.

Chelton *et al.* (2001) e Seeber (2003) explicam através da equação 1, que a altitude do satélite sobre a superfície instantânea do mar (R_s) pode ser calculada a partir da metade do tempo do sinal emitido pelo radar (Δt) pelo valor da velocidade da luz no vácuo (c).

$$R_s = c \frac{\Delta t}{2} \quad (1)$$

A Figura 2 faz uma ilustração da altura da superfície instantânea do mar em relação ao elipsoide de referência (h_{NIM}) que pode ser determinada através da equação 2, quando se é sabida a altitude do satélite sobre a superfície instantânea do mar (R_s) e a altitude do satélite sobre um elipsoide de referência (h_s).

$$h_{NIM} = h_s - R_s \quad (2)$$

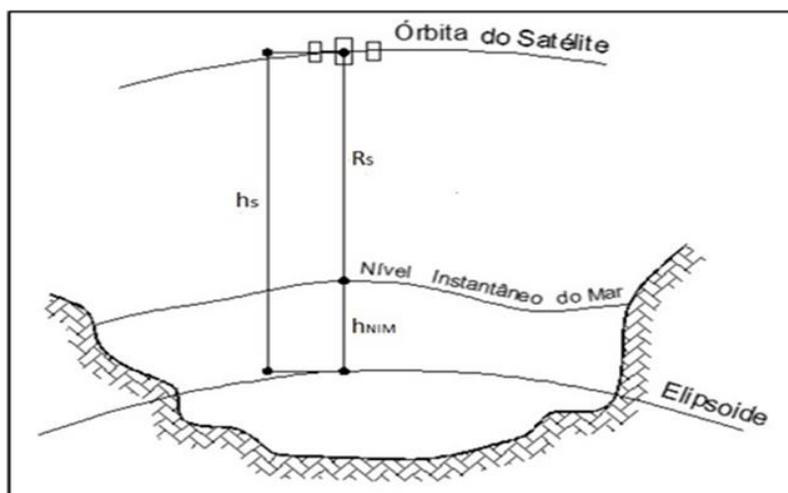


Figura 2: Princípio simplificado da altimetria por satélites. Adaptado de Seeber (2003).

Peixoto (2007) afirma também que o sinal electromagnético sofre refração devido ao vapor de água e ionização (fenômenos que precisam ser corrigidos para se obter mais precisão nas medições) ao passar pela atmosfera.

Tanto h_s como R_s contêm erros que precisam de uma série de correções, como por exemplo: influências instrumentais e atmosféricas, correções das órbitas dos satélites altímetros, entre outras, de modo a se obter precisão em torno de 2 cm nas Alturas da Superfície do Mar (*Sea Surface Heights - SSH*) (Seeber, 2003). A Figura 3 apresenta um resumo das influências e correções que devem ser feitas aos dados brutos dos satélites altimétricos, onde H representa h_s e R representa R_s .

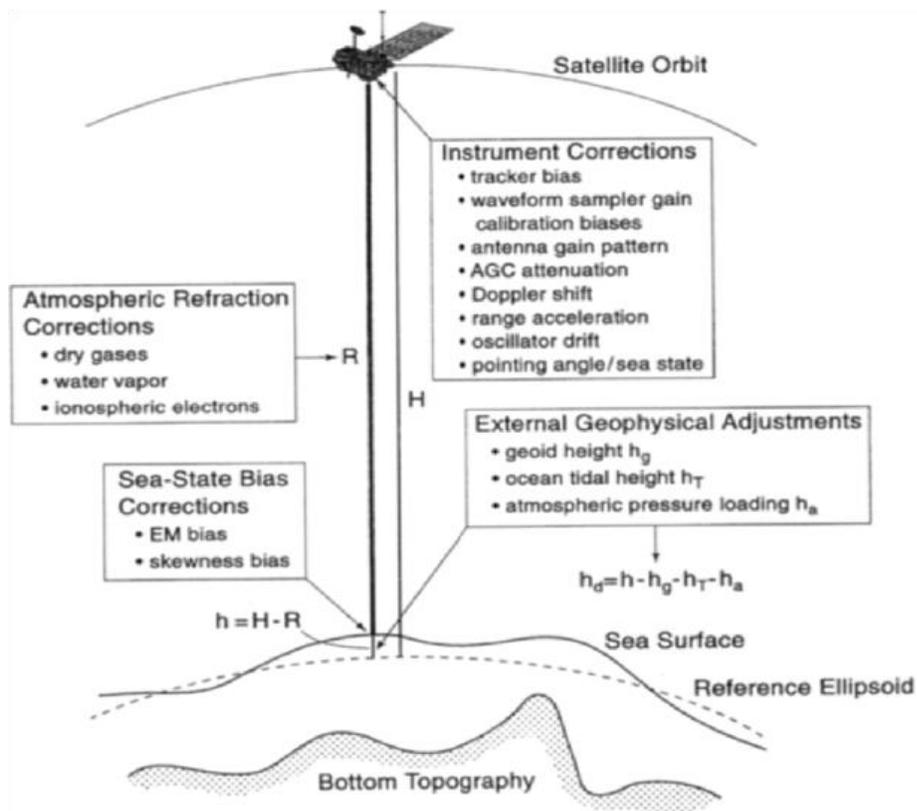


Figura 3: Determinação do SSH através da diferença da distância satélite-superfície. Adaptado de Chelton *et al.* (2001).

Estudos feitos por Chelton *et al.* (2001), Dalazoana *et al.* (2005) e Luz (2008) revelam que as variações da altitude do satélite, a irregularidade da superfície oceânica (efeito das ondas), os efeitos atmosféricos e os movimentos da terra alteram a frequência do sinal reflectido, sendo necessário o tratamento e correções destes sinais a fim de maximizar a precisão das observações feitas pelos altímetros de satélites.

2.2.2. Contaminação Terrestre nas Formas de Ondas Altimétricas

O ruído residual das formas de onda do altímetro ilustrado na Figura 4, particularmente evidente próximo à costa, pode influenciar na recolha dos parâmetros de interesse que são utilizados nos processos de retroconversão. Isto acontece precisamente nos pontos que se encontram a 10 km da costa. A esta distância, tanto as águas costeiras como a terra reflectem ecos que alteram a forma da onda que é esperada obter para uma superfície homogénea (Santos, 2016).

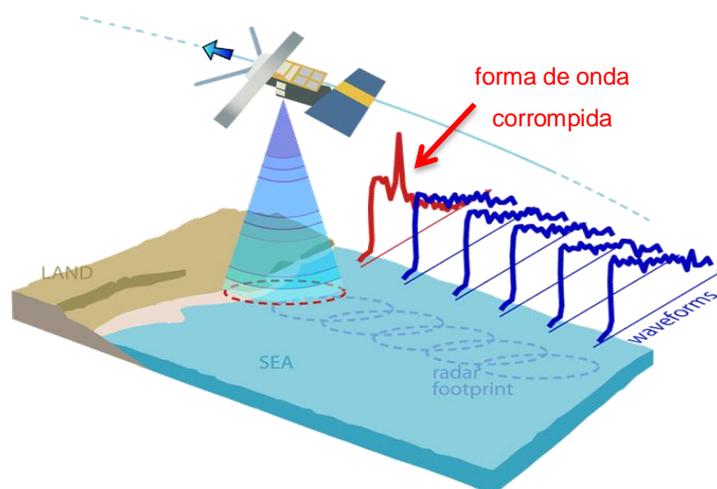


Figura 4: Medição do altímetro nas zonas costeiras e ilustração do sinal contaminado (Passaro *et al.*, 2015).

O Centro de Oceanografia do Reino Unido desenvolveu um algoritmo denominado *Adaptive Leading-Edge Subwaveform* (ALES) que reprocessa os dados do altímetro na costa para fornecer melhores resultados das estimativas do nível do mar e da altura da onda significativa. ALES seleciona a parte de cada eco devolvido (ilustrado em marrom, Figura 4) e a modela como uma forma funcional clássica de oceano aberto (ilustrado em azul, Figura 4), por meio de uma estimativa de ajuste de quadrados mínimos, que consiste em minimizar a soma dos quadrados dos resíduos. Ao evitar ecos de alvos

brilhantes como às cristas das ondas, o algoritmo ALES é capaz de recuperar grande parte da forma de onda costeira até 2 à 3 km da costa, preservando a precisão dos dados de oceano aberto e corrigindo apenas os dados costeiros (Passaro *et al.*, 2014).

2.3. Marégrafos

Os marégrafos são instrumentos costeiros que medem o nível do mar em relação a marcos de referência em terra. Eles fazem medições num determinado instante ou médias (chamadas de integração) em intervalos regulares de tempo.

Os dados obtidos das medições de marégrafos são armazenados em bancos de dados de maré, que consistem em registros de diferentes redes. Vários tipos de correções geofísicas, como marés, pressão e efeitos do vento são aplicados sobre esses dados brutos, de modo a deduzir as Anomalias do Nível do Mar (*Sea Level Anomalies - SLA*) (Prandi e Valladeau, 2014).

2.3.1. Redes de Marégrafos

Prandi e Debout (2017) afirmam que o banco global de dados do nível do mar recebe informações de duas principais redes maregráficas que estão distribuídas em quase todo o mundo, a saber:

- Sistema Global de Observação do Nível do Mar (*Global Sea Level Observing System -GLOSS*): os dados desta rede são usados para previsão de marés, bem como validação de altimetria e são medidos com uma resolução temporal de uma hora, estão disponíveis pelo servidor do Centro do Nível do Mar da Universidade de Havaí (*University of Hawaii Sea Level Center - UHSLC*) em <ftp://soest.hawaii.edu/uhslc/woce>.
- Serviço Permanente para o Nível Médio do Mar (*Permanent Service for Mean Sea Level -PSMSL*): esta rede obtém normalmente dados para estudos climáticos, com uma resolução temporal de 30 dias e podem ser adquiridos pelo *site* do PSMSL em <http://www.psmsl.org>.

2.3.2. Aquisição e Correção de Dados Brutos

O procedimento de aquisição e correção de dados brutos de marégrafos apresentado na Figura 5, é feito mediante o descarregamento (*download*) dos dados por diferentes redes dependendo da finalidade, após o *download* é feito o processamento que consiste na eliminação dos sinais de alta frequência usando o filtro *low-pass* (Bessero, 1985) resultando em altura relativa da superfície do mar, e aplicado posteriormente as correção dos movimentos verticais da marca de nivelamento (*benchmark*) usando técnicas geodésicas precisas como por exemplo, o nivelamento pelo sistema de posicionamento global (GPS) (Peltier, 2004) onde o resultado é a altura da superfície do mar.

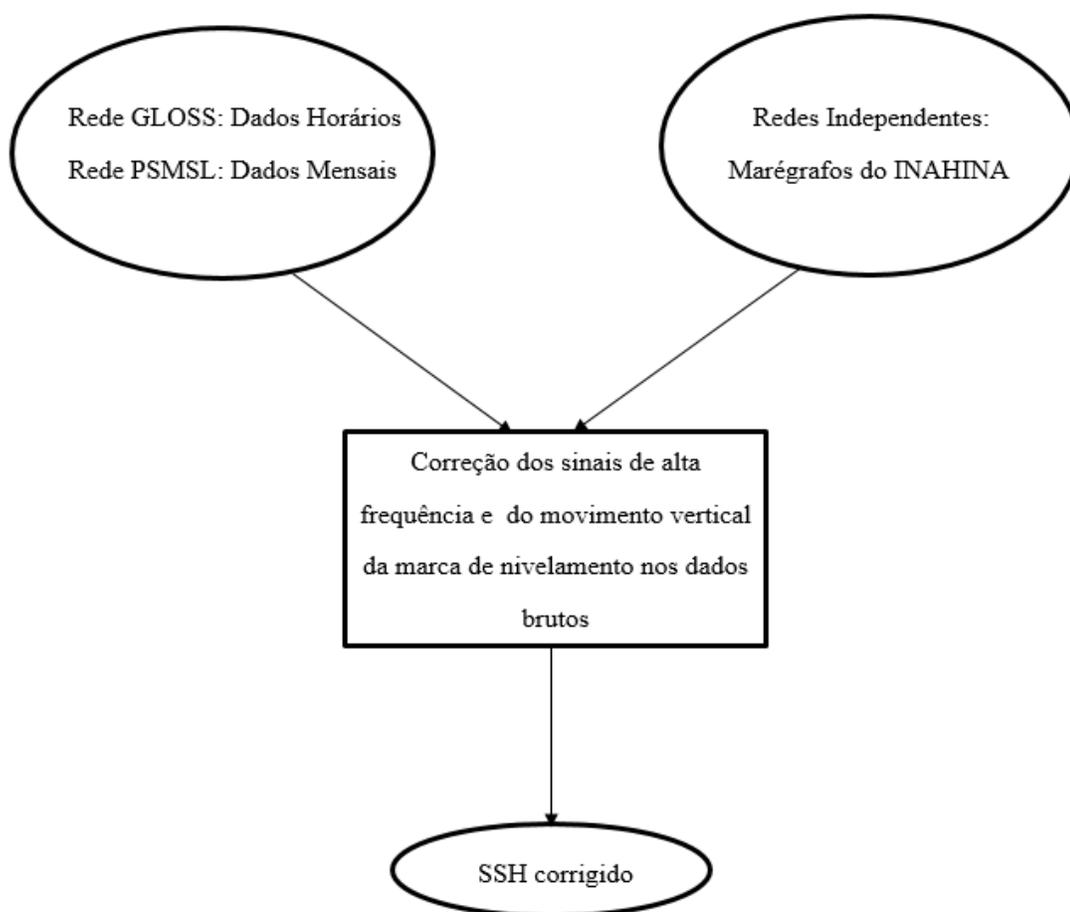


Figura 5: Procedimento de aquisição e correção de dados brutos de marégrafos.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Materiais

O estudo consistiu na análise e interpretação de dados históricos, e por isso apenas foram empregues métodos de análise de dados de maré, aplicados à dados provenientes de diferentes fontes, a saber: dados do nível do mar medidos por marégrafos e pelo radar de altímetro dos satélites J-1 e J-2.

Os dados do nível do mar medidos por marégrafos (Tabela 1), foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Hidrografia e Navegação (INAHINA) no formato Textpad, correspondem a níveis totais de água e resíduos, derivados de dados UHSLC e de *Intergovernmental Oceanographic Commission – Sea Level Monitoring Frequency* (IOC-SLMF) do controlo de qualidade.

Tabela 1: Localização geográfica dos marégrafos por estações.

Nome da Estação	Período de Dados (Medição Horária)	Longitude	Latitude	Tipo do Marégrafo
Maputo	2002 – 2004	32.57°E	25.97°S	Boia
Inhambane	2011	35.75°E	23.87°S	Radar
Beira	2002	34.83°E	19.82°S	Boia
Pemba	2007 – 2013	40.48°E	12.97°S	Radar

Por outro lado, os dados dos satélites altimétricos (Tabela 2), foram disponibilizados pelo projecto *Coastal Risk Information Service* (C-RISe) e correspondem ao produto de Registos de Dados Geofísicos Costeiros (*Coastal Geophysical Data Records - CGDR*) em uma órbita de repetição de 10 dias, estes dados também podem ser obtidos em <http://www.c-rise.info>.

Tabela 2: Dados costeiros de satélite altimétrico reprocessados pelo NOC.

Satélites Altimétricos	Jason-1 e Jason-2
Período de Dados	2002 – 2016
Tipo de Dados	ALES
Formato dos Dados	NetCDF
Parâmetros	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo • Localização (latitude, longitude) • Envelope Total do Nível de Água • Anomalia na Altura da Superfície do Mar • Altura Significativa da Onda • Coeficiente de retroespalhamento (σ_0)
Amostragem Espacial	Região de estudo da C-RISe (quadriculados pretos, ANEXO D)

3.2. Métodos

Os métodos de análise dos dados podem ser resumidos em:

- a) Pré-processamento: controlo de qualidade nos dados de marégrafos através do programa TASK (ver ANEXO B).
- b) Pós-processamento: comparação e análise estatística dos dados de altimetria com os dados de marégrafo através do software PYTHON.

3.2.1. Comparação entre os dados de Altimetria e de Marégrafo

A comparação consistiu em 4 etapas, a saber:

- (i) Seleção de todos passes de altimetria que tenham dados dentro de uma distância de 300 km da estação de medição do marégrafo.
- (ii) Atribuição de dados de altimetria aos pontos de distância da costa com 5 km de largura em cada passe selecionado.

(iii) Obtenção da média de todos os registros para cada ponto de distância dentro do passe. Registros com uma anomalia absoluta do nível do mar maior que 2 m ou três desvios padrão acima do nível do mar são rejeitados antes do cálculo da média.

(iv) Interpolação linear das observações do marégrafo com as séries temporais do passe de altimetria.

3.2.2. Decomposição do Ciclo Anual e Semestral

O procedimento de análise das estatísticas (ciclo anual e semestral) consistiu na extracção duma série de dados onde a correlação entre os dados altimétricos e de marégrafos é máxima.

Neste caso, para avaliar a concordância entre os dados de altimetria e de marégrafo é calculada a correlação linear positiva e a diferença Média Quadrática da Raíz (*Root Mean Square difference – RMSd*) no ponto de máxima correlação.

Também compara-se as amplitudes e fases dos ciclos anuais e semestrais dos dois conjuntos de dados, usando a regressão Bayesiana. Este método consiste na distribuição de probabilidades de dados observados ao invés de estimativas pontuais.

Por fim, são removidos os ciclos anuais e semestrais e compara-se os valores máximos e mínimos como uma medida de magnitude da variabilidade.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Resultados

4.1.1. Comparação entre os dados de Altimetria e de Marégrafos

4.1.1.1. Seleção de Passes de Altimetria

Nas imagens ilustradas na Figura 6 têm-se três passes para Maputo, quatro para Inhambane, dois para Beira e dois para Pemba dentro dos 300 km do marégrafo, por forma a que qualquer estação maregráfica possa ser efectivamente comparada com os dois passes mais próximos.

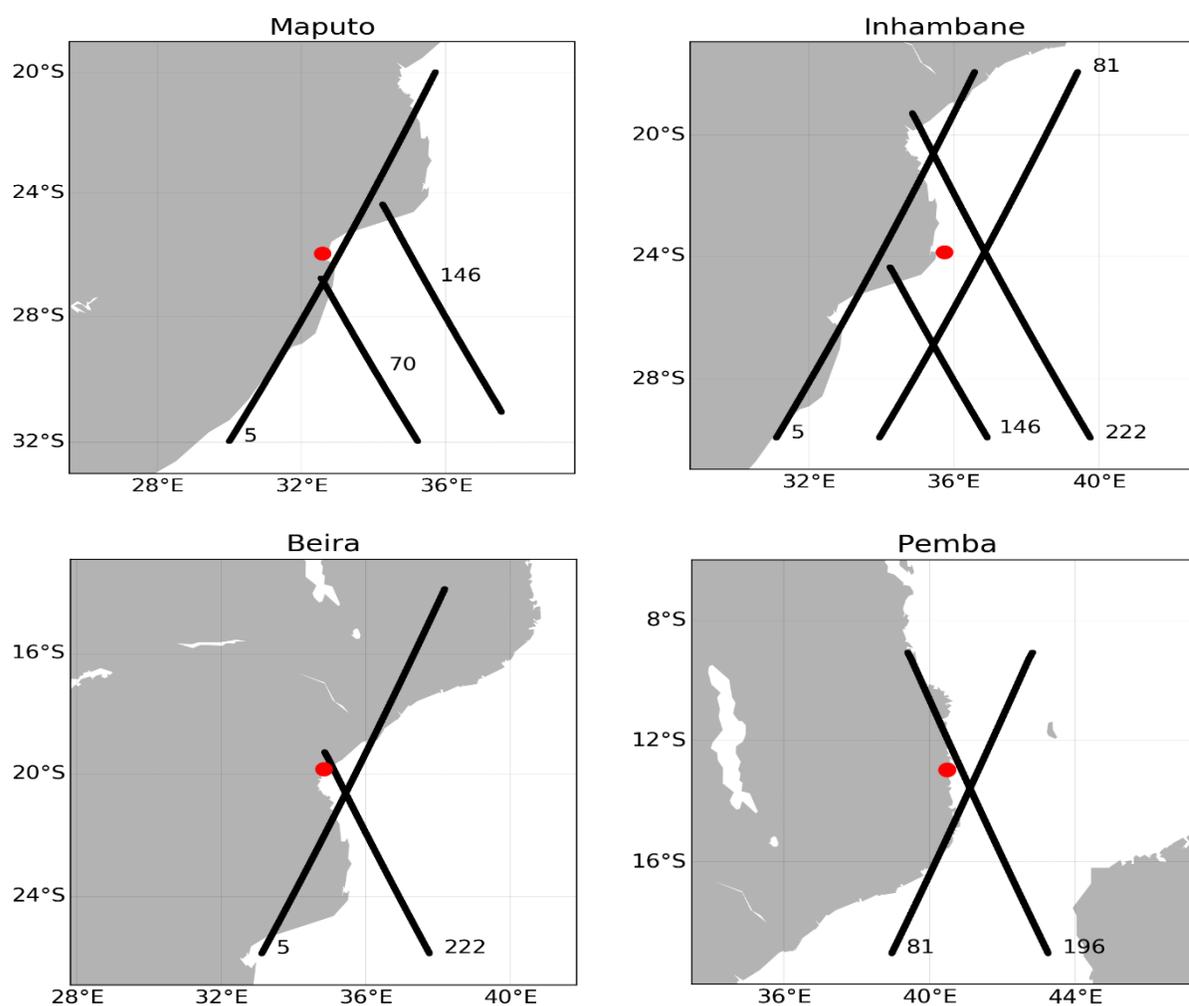


Figura 6: Localização dos marégrafos nas estações de estudo (ponto vermelho) juntamente com os passes altimétricos mais próximos (traços preto).

Nota-se que, nenhum percurso altimétrico passa exactamente ou próximo da estação terrestre de medição do nível do mar, ou simplesmente do marégrafo nas estações de Maputo e Inhambane, entretanto o passe 222 cruza a costa exactamente na estação da Beira e o passe 196 passa muito próximo da estação de Pemba.

4.1.1.2. Seleção do Ponto ao Longo do Percorso Altimétrico com Oscilações mais Semelhantes às do Marégrafo

As estatísticas apresentadas nesta secção são para observações com uma amostragem temporal de aproximadamente 10 dias. A seleção do ponto ao longo do percurso do radar altimétrico com oscilações semelhantes às do marégrafo é feita através da correlação e do RMSd em função da distância da costa.

As Figuras 7 e 8 mostram o desempenho dos dados ao longo do percurso altimétrico dando a melhor correlação o ponto, não propriamente o passe que se encontra próximo do marégrafo. A correlação normalmente refere-se a quão próximas duas variáveis estão de ter uma relação linear entre si e pelo facto dos resultados basearem-se numa correlação positiva ela varia de 0 à 1, entretanto quanto mais o valor de correlação se aproximar de 1, maior será a correlação.

Observa-se para Maputo e Inhambane (Figura 7), onde para a estação de Inhambane o passe 5 cruza totalmente a terra naquela região, por esta razão não foi ilustrada a imagem. Como o passe 146 tem uma distância diferente do ponto do passe até ao marégrafo e os passe 81 e 222 tem a mesma distância até ao marégrafo considerou-se os passes 146 e 222, para ver qual deles tem a melhor correlação. Para Maputo considerou-se os passes 5 e 70, uma vez que o passe 146 foi dado como o passe de melhor correlação para Inhambane e por ter uma distância significativamente grande comparado com os outros dois.

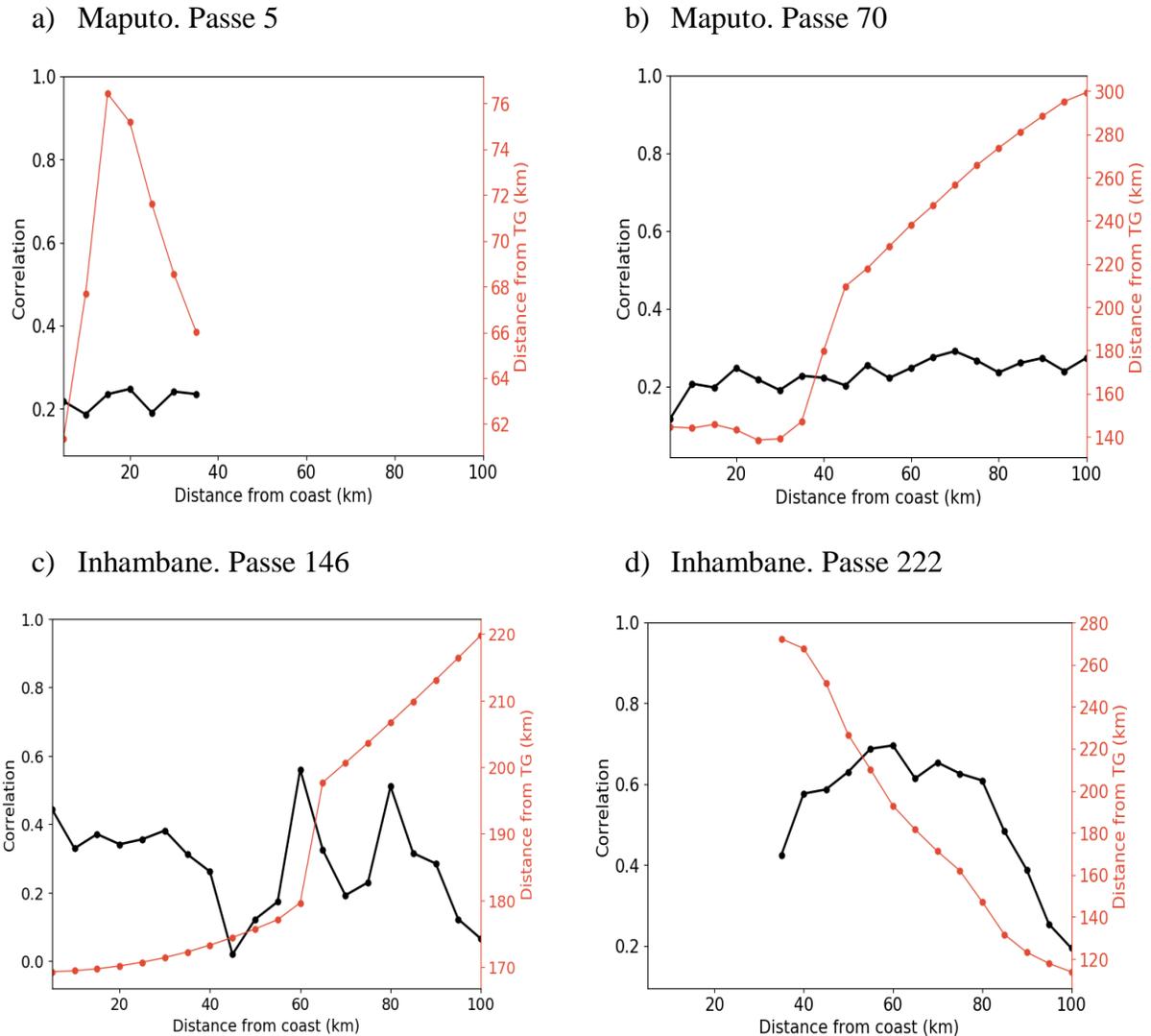


Figura 7: Correlação entre observações de altimetria e de marégrafos nas estações de Maputo e Inhambane em função da distância da costa (preto – eixo esquerdo). A distância do marégrafo também é mostrada em (vermelho - eixo direito).

Na Figura 8, é possível observar no caso da Beira onde o passe 222 passa exactamente no ponto de medição, mesmo assim não tem uma boa correlação comparativamente com o passe 5, uma vez que boa parte do percurso do passe 5 encontra-se sobre a terra com excepção na Baía de Maputo e no Banco de Sofala, isto porque não é necessário que o passe cruze o ponto de medição para dar a melhor correlação. Ao longo dos passes existem vários pontos de dados, na qual o ponto de melhor correlação

é encontrado no passe distante da estação. Na estação de Pemba o passe que tem o ponto de melhor correlação é o passe 81 que está menos próximo do marégrafo.

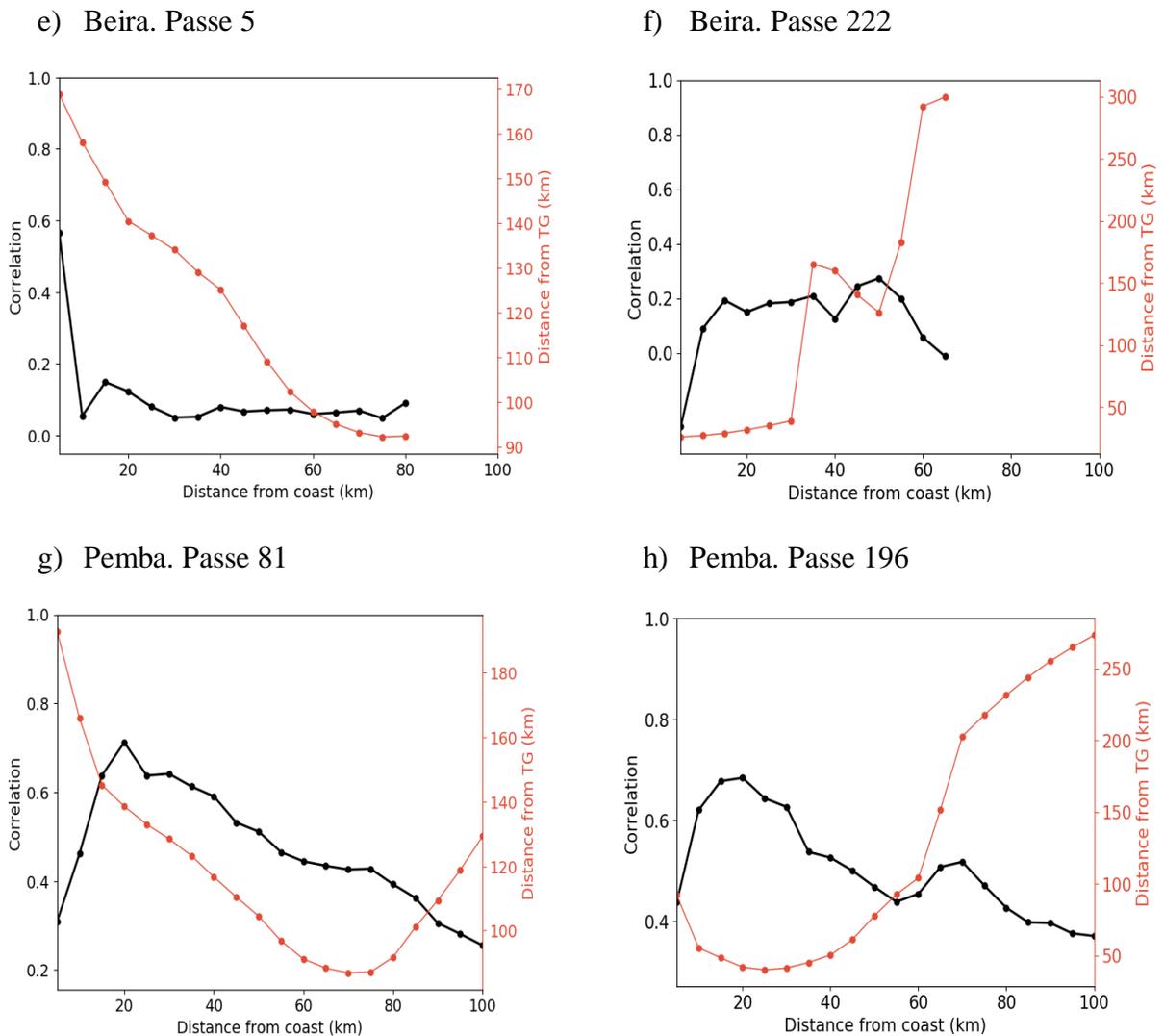


Figura 8: Correlação entre observações de altimetria e maregráficas nas estações de Beira e Pemba em função da distância da costa (preto – eixo esquerdo). A distância do marégrafo também é mostrada em (vermelho - eixo direito).

A Figura 9 mostra a diferença Média Quadrática da Raíz (RMSd) entre observações do satélite de radar altímetro e medições de marégrafos em função da distância da costa tendo em conta a distância do marégrafo. O RMSd é uma medida frequentemente usada da diferença entre os valores previstos e os valores observados, estas diferenças também são chamadas de resíduos e servem para agregá-las em uma única medida de poder preditivo.

É possível observar dentre as quatro estações que o passe onde foi encontrado o ponto que melhor representa o RMSd é o mesmo que foi encontrado a melhor correlação, visto que a correlação mostra a aproximação das observações de altimetria com as de marégrafos e o RMSd mostra a diferença existente na aproximação destas duas observações, isto é, o RMSd é calculado no ponto de máxima correlação ao longo do passe.

No entanto, de acordo com a Figura 9 nota-se que os valores do RMSd vão aumentando em direcção ao marégrafo, sendo que o passe 146 da estação de Inhambane e o passe 81 da estação de Pemba apresentam menor valor da diferença RMS comparativamente com o passe 70 de Maputo e o passe 5 da estação da Beira que mostram uma diferença evidentemente maior. Portanto quanto menor for a diferença Média Quadrática da Raíz, mais perto se está de ter uma boa concordância entre as duas observações.

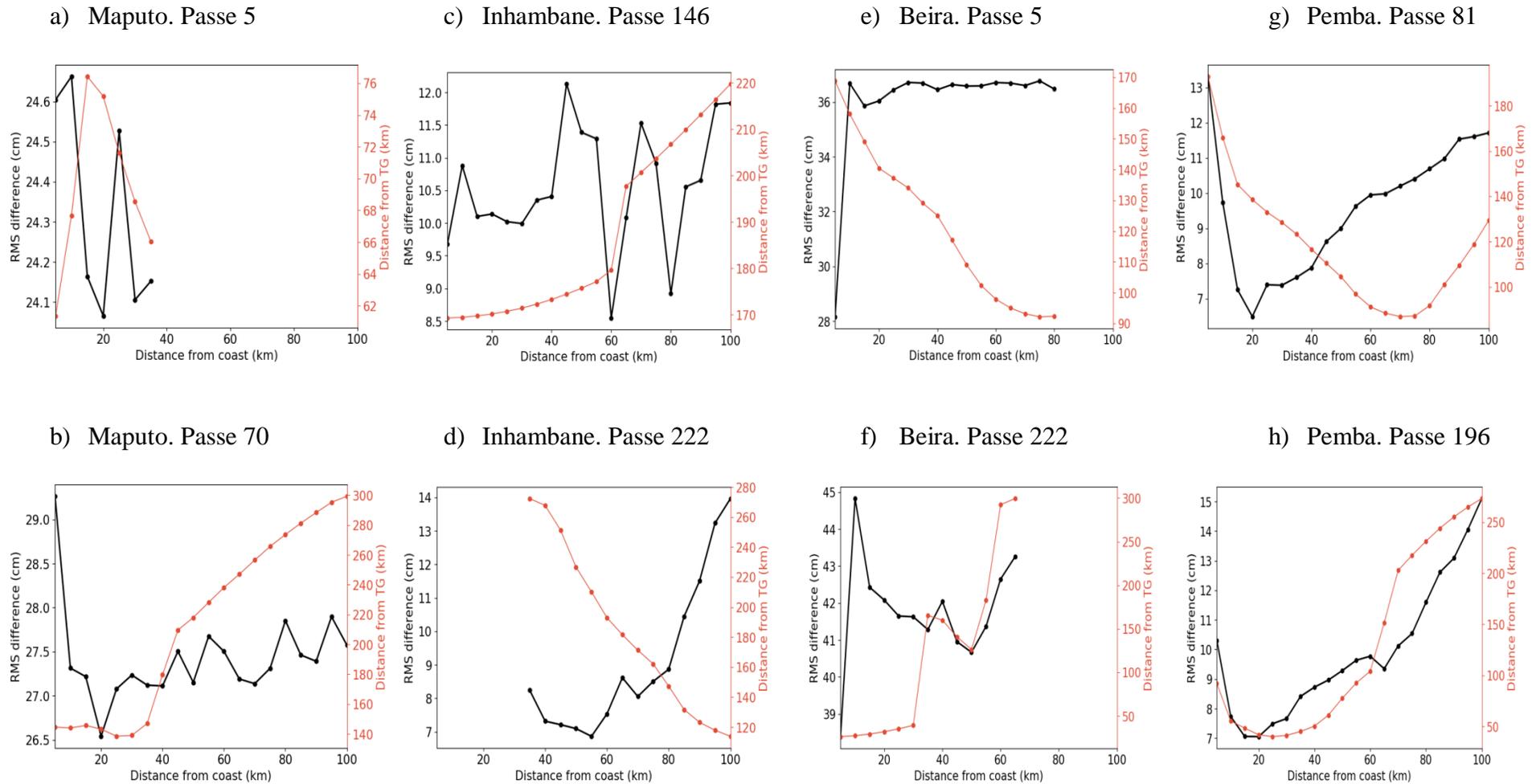


Figura 9: RMSd entre as observações de altimetria e de marégrafos nas estações de estudo em função da distância da costa (preto – eixo esquerdo). A distância do marégrafo também é mostrada em (vermelho - eixo direito).

A Tabela 3, faz um resumo das figuras (correlação e diferença RMS), mostrando exactamente os passes seleccionados em cada região de medição do nível do mar e os respectivos valores do ponto que foi encontrado a máxima correlação e mínima diferença RMS tendo em conta a distância da costa e distância do marégrafo. Como pode ser visto, a máxima correlação foi encontrada em Pemba para um ponto que dista 17.26 km da costa e 138.57 km do marégrafo.

Tabela 3: Máxima correlação e mínima diferença RMS observados entre medição de altimetria e de marégrafos.

	<i>Maputo</i>	<i>Inhambane</i>	<i>Beira</i>	<i>Pemba</i>
<i>Passe altimétrico</i>	70	146	5	81
<i>Correlação</i>	0.29	0.52	0.56	0.71
<i>Diferença RMS</i>	27.14 cm	8.86 cm	28.73 cm	6.49 cm
<i>Distância da costa</i>	67.43 km	80.12 km	2.47 km	17.26 km
<i>Distância do marégrafo</i>	256.51 km	207.83 km	168.78 km	138.57 km

4.1.1.3. Séries Temporais Seleccionadas

Nesta parte do trabalho são mostradas as séries temporais que correspondem aos passes em que a correlação entre as observações altimétricas e maregráficas é máxima. A Figura 10 faz referência a variação do nível do mar observado pelo altímetro (perfil preto) e pelo marégrafo (perfil vermelho) ao longo dos anos. Para essa comparação é usado dados da máxima correlação (valores mostrados na Tabela 3) entre os dois conjuntos de dados.

Nota-se que nas estações de Inhambane e Beira o nível do mar mostra uma variação não robusta, ilustrado pela forma arredondada do gráfico, isto porque os dados do marégrafo nestas regiões são apenas de um ano e a distância do marégrafo até ao ponto do passe é menor que 30 km.

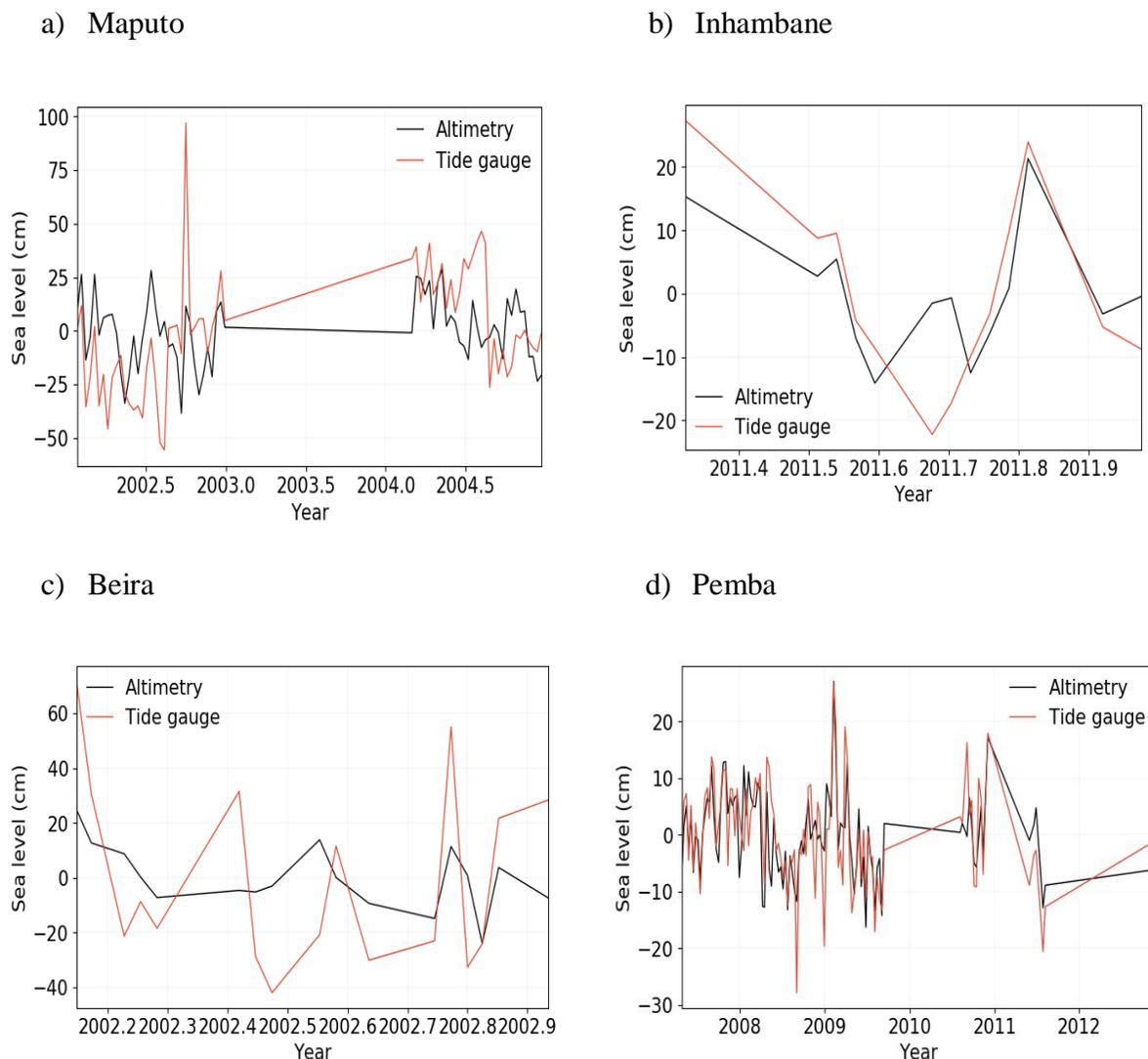


Figura 10: Representação gráfica de séries temporais do nível do mar a partir de observações de altimetria versus de marégrafos.

Nos casos de Maputo e Pemba as variações são bem estimadas por haver dados suficientes para fazer as estatísticas robustas, é observado nas duas estações a) e d) que as variações dos dois conjuntos de dados são semelhantes, porém no intervalo de 2003 à meados de 2004 para Maputo, os perfis de altímetro e de marégrafo são retilíneos, o mesmo também é observado para Pemba nos intervalos de 2010 e 2012, o que demonstra falta de dados de marégrafos nestes períodos.

4.1.2. Decomposição do Ciclo Anual e Semestral do Nível do Mar

As estatísticas apresentadas nas Tabelas 4 e 5 mostram as amplitudes e fases dos ciclos anuais e semestrais, e também anomalias máximas e mínimas do nível do mar, estimados a partir da altimetria por satélite e do marégrafo nas respectivas estações de estudo onde a correlação entre as observações dos dois conjuntos de dados é máxima.

Tabela 4: Estatísticas de avaliação do desempenho do algoritmo ALES para Maputo e Inhambane.

	Maputo		Inhambane	
	Altímetro	Marégrafo	Altímetro	Marégrafo
Amplitude anual (cm)	8.1 ± 3.3	10.4 ± 5.6	99.0 ± 59.7	136.0 ± 66.0
Fase anual (dias)	92 ± 38	74 ± 88	144 ± 70	156 ± 38
Amplitude semestral (cm)	6.6 ± 3.0	9.3 ± 5.1	35.2 ± 18.4	58.4 ± 18.2
Fase semestral (dias)	61 ± 24	53 ± 43	122 ± 25	128 ± 10
Anomalia máxima (cm)	24.5	33.2	11.1	0.0
Anomalia mínima (cm)	-26.6	-22.3	-11.6	-0.0

Tabela 5: Estatísticas de avaliação do desempenho do algoritmo ALES para Beira e Pemba.

	Beira		Pemba	
	Altímetro	Marégrafo	Altímetro	Marégrafo
Amplitude anual (cm)	23.1 ± 12.8	66.9 ± 37.3	5.5 ± 1.1	4.2 ± 1.4
Fase anual (dias)	315 ± 43	332 ± 50	12 ± 13	21 ± 24
Amplitude semestral (cm)	10.5 ± 5.0	32.8 ± 17.8	1.5 ± 0.8	2.8 ± 1.2
Fase semestral (dias)	5 ± 26	178 ± 28	57 ± 39	97 ± 20
Anomalia máxima (cm)	15.3	NaN	11.5	25.8
Anomalia mínima (cm)	-18.0	NaN	-10.3	-23.4

Os valores mostrados nestas tabelas são estimativas de variações das séries temporais onde pode se verificar em termos estatísticos o quão as observações de altimetria e de marégrafos se parecem. Portanto, pode se observar nas estações de Inhambane e Beira que a diferença entre os dois conjuntos de dados é evidentemente maior, porém nas estações de Maputo e Pemba a aproximação numérica entre as duas observações é realmente maior, comprovando assim a semelhança das estimativas apresentadas na Figura 10.

4.2. Discussão

4.2.1. Correlação e diferença Média Quadrática da Raíz (RMSd)

Como forma de ter melhor análise, as estimativas ruins de correlação e do RMSd entre os dados de altímetros e de marégrafos foram excluídas. Um estudo realizado por Passaro *et al.* (2014) onde comparava os produtos SGDR, ALES e CTOH com medições de marégrafos para as missões Envisat, J-1 e J-2 no Norte do Mar Adriático e em Mossel Bay na África do Sul mostrou que em mar aberto, o coeficiente de correlação (r) para ALES é constantemente superior a 0.80, com algumas quedas que podem ser devido as estimativas de TWLE não detectadas, mas também pode ser devido a imprecisão nas correções, e nas regiões costeiras o r para ALES é sempre acima de 0.60 em dados de J-1 e J-2. Ele também concluiu que, tanto na costa como no mar aberto, quando r é igual ou superior a 0.80 a aproximação entre as observações de satélite e de marégrafos é absolutamente maior e melhor, mas isto não quer dizer que os resultados obtidos no presente estudo estejam errados, pois é notável que dentre as 4 estações (Maputo, Inhambane, Beira e Pemba), a estação de Pemba apresenta uma alta correlação constante com mais de 0.70 até 17.26 km da costa, o que significa que o software usado neste estudo mostrou que com r igual ou superior a 0.70 a concordância entre as duas observações também é maior. Na estação de Inhambane foi encontrado numa primeira fase uma correlação de 0.77 no passe 5, mas este passe cruza totalmente a terra em toda região de Inhambane e como o objectivo é de comparar os dados de altímetro na costa e não na terra, foi necessário a modificação do *script* de modo a se obter uma outra correlação dentre os passes que encontram-se na região costeira desta estação, neste caso os passes 81, 146 e 222 e assim sendo, foi obtido um r inferior que é de 0.52 no passe 146 à 80.12 km da costa. As estações de Maputo e Beira têm um valor baixo do r entre os 0.20 e 0.50 sem atingir necessariamente os 0.60 sugeridos por Passaro *et al.* (2014), estes baixos valores podem ser devido a posição do marégrafo em relação ao contorno da linha de costa como também pela batimetria do local,

visto que a estação da Beira encontra-se num Banco e a estação de Pemba numa Baía, porém a estação de Maputo encontra-se igualmente numa Baía, tal que era esperado uma maior correlação na estação de Maputo uma vez que os dados de marégrafos mostraram semelhança com as observações de altimetria, e por isso, os baixos valores de r para estas estações sugerem que um controlo de qualidade mais cuidadoso das estimativas será necessário em uma fase de pré-processamento.

Ao comparar produtos de J-2 com observações de marégrafos no Golfo de Trieste, Passaro *et al.* (2014) também constatou que o RMSd é mais difícil de avaliar, uma vez que os valores são muito variáveis devido à maior distância (muito acima de 30 km) no ponto mais próximo do marégrafo, o mesmo também é observado nos resultados obtidos neste estudo (Tabela 3 na secção 4.1.1.2) os valores do RMSd variam diferentemente nas 4 estações. Mesmo assim, embora a estação de Inhambane tenha um valor baixo do r , existe claramente uma relação do RMSd observado na estação de Pemba com o observado na estação de Inhambane (ambas estações tem menor diferença RMS) o que pode significar que esta menor diferença RMS trás uma concordância dos dados de altímetro com os de marégrafos nestas estações.

4.2.2. Séries Temporais de Altimetro e de Marégrafos

As séries temporais da variação do nível do mar de marégrafos e de altímetro são mostradas para cada estação, pelo que é notável a existência de uma boa concordância entre o nível do mar observado nas duas medições para Pemba, no caso de Maputo é possível ver a semelhança entre os dois conjuntos de dados embora o r seja inferior do pretendido.

Nas estações de Inhambane e Beira o coeficiente de distância usado foi de 10 por não haver dados suficientes para fazer as estatísticas robustas, ao passo que, para as estações de Maputo e Pemba por ter dados de mais de um ano usou-se o coeficiente de distância recomendado que é de 30.

Neste contexto, as observações de marégrafos são dominadas por processos costeiros com um coeficiente de distância até ao ponto de máxima correlação ao longo do passe menor que 30, então estes processos poucas vezes são captados pelos altímetros a menos que sejam feitos a poucos quilómetros do marégrafo. Portanto, quanto mais próximo do marégrafo melhor, mas as medições de altimetria tornam-se menos precisas perto da costa, por esta razão as variações do nível do mar para as estações b) e c) da secção 4.1.1.3 são apresentadas desta forma.

4.2.3. Análise Estatística de Altimetria e de Marégrafos

Nesta etapa verifica-se a concordância entre as observações de altimetria e de marégrafos em termos estatísticos, ou seja a aproximação numérica entre as duas observações.

Os erros (NaN) da Tabela 5 para a estação da Beira na estimativa por marégrafo denotam um erro padrão derivado usando a regressão Bayesiana (regressão linear simples em que uma análise estatística é realizada através de distribuições de probabilidades) com erros auto-correlacionados, estimados pelo próprio software.

Os valores máximos e mínimos das séries temporais dessazonalizadas (dados com ausência do ciclo de variação sazonal) e deduzidas durante todo o período coberto pelos dados do marégrafo ou do altímetro também são mostrados como uma medida da variabilidade.

Contudo, por se tratar de uma comparação onde pretende-se analisar os valores observados pelas medições maregráficas e altimétricas, era esperado maior aproximação numérica entre os dois conjuntos de dados, com uma diferença até aproximadamente 2 cm. Portanto no estudo em causa, com exceção das estações de Inhambane e Beira, esta aproximação é observada particularmente na estação de Pemba para as amplitudes anuais e semestrais, no caso de Maputo a diferença vai até um pouco mais de 2 cm para a amplitude semestral. As anomalias variam de poucos centímetros a quase 30 cm, dependendo da região do mundo (Passaro *et al.*, 2014), o que pode ser observado neste estudo, as diferenças das anomalias máximas e mínimas não excedem os 30 cm. Assim sendo, mesmo não tendo uma aproximação absolutamente maior entre as duas observações, as diferenças estão dentro do padrão aceitável na avaliação estatística de desempenho dos dados.

V. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusões

O presente estudo teve como objectivo a validação de dados ALES, que são dados de satélites altímetros reprocessados e dedicados a costa, uma vez que eram sinalizados como não confiáveis e descartados devido a contaminação da terra; com observações maregráficas.

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que:

- O modelo usado nos estudos anteriores para comparações de dados de satélite com dados de marégrafos difere do software usado neste estudo, mesmo assim o entendimento entre os dois pacotes é maior, o que torna o software usado no presente trabalho válido para estudos do género.
- Entre as quatro (4) estações consideradas no estudo, Pemba apresenta absolutamente a maior correlação com 0.71, e portanto os dados altimétricos do passe 81 medidos a 138.57 km do marégrafo de Pemba são válidos e podem ser usados para aplicações costeiras, com um erro relativo de 29%.
- Os dados de Inhambane medidos a 207.83 km e de Beira medidos a 168.78 km do marégrafo também são válidos, apesar de terem um erro maior que correspondem a 48% e 44%, respectivamente.

5.2. Recomendações

Recomenda-se:

- A continuação de estudos desta natureza em todas estações de medição do nível do mar em Moçambique, de modo a se verificar na sua totalidade a concordância nas variações do nível do mar por observações maregráficas e altimétricas.
- Que a entrega de dados seja dinâmica e frequente de forma que nos próximos estudos usem-se séries maregráficas de longo período, uma vez que os satélites considerados no estudo cobrem os anos de 2002 à 2016, para se obter melhor análise na comparação dos dados.
- O uso de outros softwares ou modelos dedicados a este tipo de comparação em Moçambique, como forma de ter uma harmonia entre as informações do nível do mar por diferentes métodos ou pacotes.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bessero, G. (1985). *Marées*, Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, Brest.
- Chelton, D. B., Ries, J. C., Haines, B. J., Fu, L. L. & Callahan, P. S. (2001). *Satellite Altimetry*. In: Fu, L. L. & Cazenave, A. (Ed.). *Satellite Altimetry and Earth Sciences: a Handbook of Techniques and Applications*. Academic Press. p. 1-131.
- Dalazoana, R. (2005). *Estudos Dirigidos à análise temporal do Datum Vertical brasileiro*. 2005. 188f. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas), Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Dalazoana, R., Luz, R. T. & De Freitas, S. R. C. (2005). *Estudos do NMM a partir de séries temporais maregráficas e de Altimetria por satélites visando a integração da rede vertical brasileira ao SIRGAS*. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 57, n. 2, p. 140-153.
- Luz, R. T. (2008). *Estratégias para modernização da componente vertical do sistema geodésico brasileiro e sua integração ao SIRGAS*. 207f. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas), Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Nehama, F. P. J. (2004). *Previsão de Marés na Estação Biológica de Inhaca*. Monografia apresentada a Faculdade de Ciências, Departamento de Física – UEM.
- Nicholls, R. & Cazenave, A. (2010). *Sea-Level Rise and Its Impact on Coastal Zones*. *Science*, Volume 328, pp. 1517-1520.
- Passaro, M., Cipollini, P. & Snaith, H. (2015). *ALES Coastal Geophysical Data Records (CGDR) User Handbook Version 1.0 – 12/10/2015.*, Southampton (UK): National Oceanography Centre.
- Passaro, M., Cipollini P., Vignudelli, S., Quartly, G. D. & Snaith, H. M. (2014). *ALES: a multi-mission adaptive sub-waveform retracker for coastal and open ocean altimetry*, *Rem. Sens. Environ.*, V. 145, pp. 173–189.

Peixoto, P. S. (2007). Jason-1: Lendo os dados de altimetria por satélite para o nível do mar. IO – USP, São Paulo.

Peltier, W. R. (2004). Global Glacial Isostasy and the surface of the ice-age earth: the ICE-5G (VM2) Model and Grace. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 32 (2004), pp. 111-149.

Polito, P. S. & Sato, O. T. (2003). *Oceanografia por Satélites*. Instituto Oceanográfico – USP/ INPE – São José dos Campos, São Paulo, 52 p.

Prandi, P. & Debout, V. (2017). Validation of altimeter data by comparison with tide gauges measurements: yearly report 2016. Technical report, France.

Prandi, P. & Valladeau, G. (2014). Validation of altimeter data by comparison with tide gauge measurements. Technical report, France.

Santos, T. P. G. (2016). Exploração de Produtos de altimetria por satélite melhorados em zonas costeiras. Dissertação apresentada a Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território.

Seeber, G. (2003). *Satellite Geodesy: Foundations, Methods and Applications*. 2. ed. Berlin, New York: Walter de Gruyter. 589 p.

Sete, C., Ruby, J. & Dove, V. (2002). Seasonal Variation of Tides, Currents, Salinity and Temperature along the Coast of Mozambique. Relatório técnico. UNESCO (IOC) - ODINAFRICA.

ANEXOS

A. CÓDIGOS USADOS NO PYTHON

Os scripts reponsáveis pela formulação das figuras e tabelas apresentadas nos resultados estão disponíveis no *site* <http://www.c-rise.info> e podem ser acedidos pelo interpretador “tg_alti_stats_fun.py”.

B. O PROCEDIMENTO DE CONTROLO DE QUALIDADE É FEITO COM BASE NAS SEGUINTE ETAPAS:

Converter ficheiro original para extensão *csv* em *Microsoft Excel*, com a seguinte organização: *Date* (mm/dd/yyyy), *Time* (h:mm:ss), *Level* (m) e *Flag* (atribuir 0 para valores bons do nível do mar e 1 para valores com alguma anomalia).

1. Task-Toolkit: definir intervalo de reamostragem dos dados e converter à um ficheiro do formato *t2k*.
2. Task-Analyse: produzir alturas do nível do mar observada, prevista, resíduos e analisar as constituintes harmônicas. Um ficheiro do formato *TS.t2k* será produzido.
3. Task-Plot: sinalizar e corrigir as anomalias observadas nos dados e voltar novamente a fazer a etapa 2.

C. ALGUNS CONCEITOS

Python – ambiente de programação de alto nível, interpretado de scripts e orientado a objectos funcionais. Ele funciona adequadamente nos sistemas operativos Linux e Windows, porém com algumas limitações em Windows, mas para tal o computador tem de ter memória RAM mínima de 4.00GB e 64-bit Operating System, x64 based processor.

Validação – processo que verifica a integridade e validade de dados inseridos em programas ou softwares para diferentes estudos.

Altimetro – instrumento dedicado à medição de alturas da superfície do mar.

Passe – percurso do radar altimétrico numa escala regional ou global.

D. REGIÃO DE ESTUDO DA C-RISe

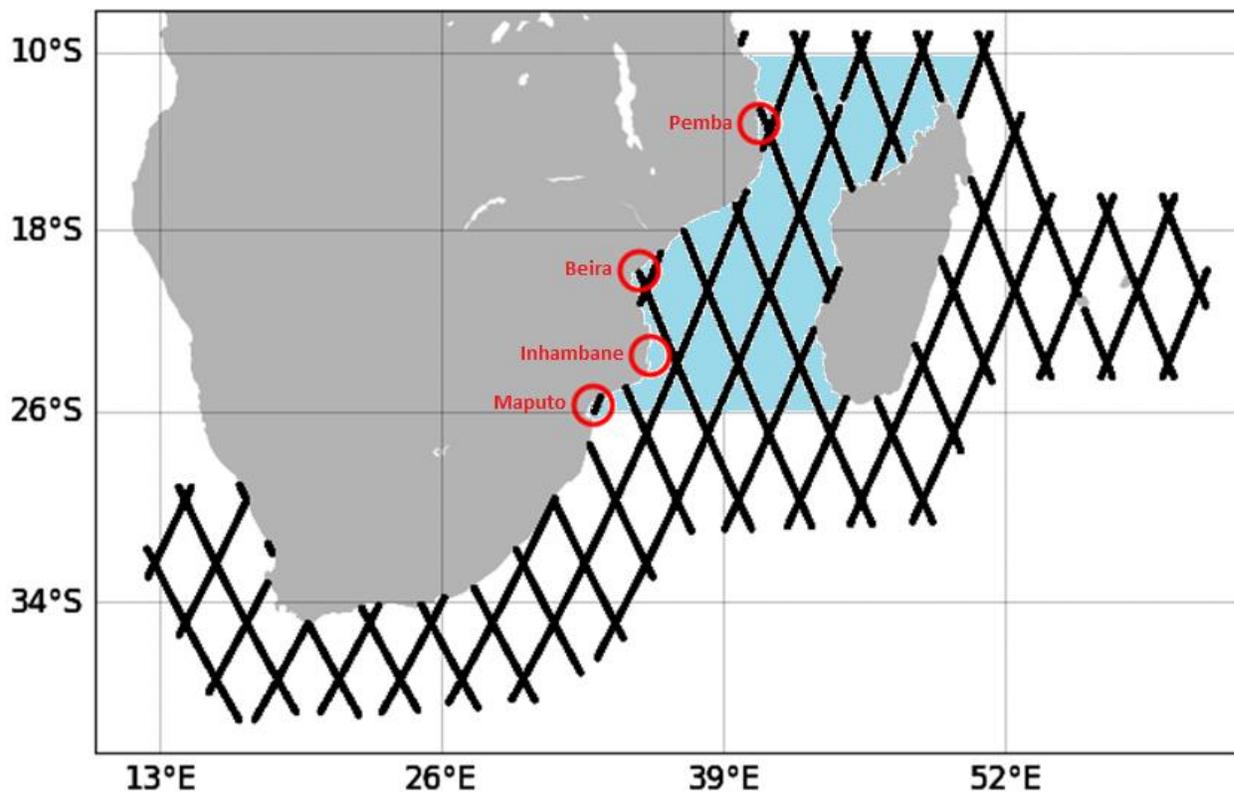


Figura 1: Ilustração do Canal de Moçambique (em azul) juntamente com as estações maregráficas (círculos vermelhos) e a área de cobertura de dados costeiros de satélite de radar altimétrico reprocessados pelo NOC (quadriculados pretos).