



UNIVERSIDADE  
E D U A R D O  
M O N D L A N E

*Escola Superior Ciências Maríinhas e Costeiras*

Monografia para Obtenção de grau de Licenciatura em Química Marinha

**Influência dos Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) na Qualidade de Água captada no Canal do Estuário dos Bons Sinais para ensaios experimentais de Aquacultura no Chuabo Dembe**

**Autor**

Orlando Henrique Jamisse



UNIVERSIDADE  
E D U A R D O  
MONDLANE

Escola Superior Ciências Marinhas e Costeiras

Monografia para Obtenção de grau de Licenciatura em Química Marinha

**Influência dos Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) na  
Qualidade de Água captada no Canal do Estuário dos Bons Sinais para  
Ensaio Experimentais de Aquacultura no Chuabo Dembe.**

Orlando Henrique Jamisse

**Supervisor**

dr. Anildo Naftal Nataniel

**Co-Supervisora**

dra. Inocencia Paulo

Quelimane, Outubro de 2017

## **Dedicatória**

Em primeiro lugar dedico este trabalho a Deus, aos pais e a minha família em geral por terem me apoiado incansavelmente para a concretização de mais um sonho dentro da minha vida.

**“Muito Obrigado”**

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar agradecer Deus por ter me acompanhado nesta caminhada tão complicada e por ter proporcionado muita fé, saúde, inspiração acima de tudo durante a minha formação.

A Universidade Eduardo Mondlane pela disponibilidade da bolsa completa durante o período da minha formação

Aos meus Supervisores Anildo Naftal Nataniel e Inocência Paulo António, por terem sempre me acompanhado detalhadamente a execução da minha labuta, ao dr. Noca Bernardo Furaca, pela sua disponibilidade a tempo inteiro durante o trabalho de campo e com ajuda do Sr Máquina, e a todo corpo docentes desta instituição que permitiram na minha formação.

Aos meus pais Laurinda Vilankulos e Henrique Jamisse por terem acreditado em mim, as minhas irmas Renilia Da Perla Henrique e Helga da Líria Henrique, a minha Avo Evelina Filmone por toda paciência e carinho, e aos meus tios Orlando Jamisse, Otilia Jamisse, Juvencia Jamisse, Olivia Jamisse, Angelica Jamisse, Sónia Jamisse, Crimildo Jamisse, Nelson Belmiro, pela ajuda moral e financeira, aos meus primos Osvaldo, Edgar, Mirza, Sílvia, Genoveva, Dion, Emerson, Aldair, Ivânia, Rabeca, Orlan, Edilson, Shelton, Michela, Natucha, Mirelja, Milton, Gulner, entre outros.

Aos meus companheiros e grandes irmãos que tive no quarto o Edson Mavie, Sérgio Paulo, Flávio Jeje, Oldim Chuquelane, e Amós Nhaca e aos grandes irmãos que sempre lutamos juntos para vencer esta batalha: Orlando Macicame, Félix Canhe, Cândido Timba, Ernesto Tembe, Zunchany Matola, Erasnes, Alberto Sibie, Orlando Guta, Marlene Massique, Balbina Siteo, Katia, Cláudia Machaieie, Gláucia, Luísa, Leovistonia, Paloma de Jesus, Zuneid da Yura, Seven, Gerson Vilanculos. Os meus companheiros da formação e no desporto, o Samuel Chichava, Hermenegildo, Debiene Paixão, Sebastião Marquel, Sérgio Rito, David, Guelton Pedzisi, Diniz Nhassengo, Óscar Mazivila. E a todos colegas da residência da ESCMC o meu muito obrigado. E especialmente a turma de Química Marinha 2014: Algi, Jesimiro, Salvador, Félix, Abacar, Deca, Cachepe, Marla, Vânia, Vânio, Neusia, Joice, Amichande, Quembo, Jacinto, Mário, entre os demais. E agradecer a todos que contribuíram directa ou indirectamente durante este percurso que por serem muitos.

## **Declaração de honra**

Eu, Orlando Henrique Jamisse, portador do BI nº081001868256J declaro por minha honra que o presente trabalho de investigação para obtenção do grau de licenciatura em Química Marinha é da minha autoria e nunca antes foi publicado e constituí o resultado do meu esforço e dedicação, excepto o que foi referenciado pela ajuda dos meus supervisores.

Quelimane, Outubro de 2017

---

(Orlando Henrique Jamisse)

## **Resumo**

A pesquisa teve como foco o estudo da influência dos nutrientes inorgânicos dissolvidos na qualidade de água captada no canal para ensaios experimentais de aquacultura no chuabo dembe, durante o verão e o inverno. A metodologia consistiu na determinação da topografia do canal, medição da altura das marés, salinidade, oxigênio dissolvido, matéria orgânica dissolvida, temperatura, velocidade das correntes, etc. Em cada intervalo de 1 hora, foram colhidas amostras de água na superfície do canal para análises laboratoriais. Os resultados indicam que a maior concentração de amônio foi de 5.55 mg/L, fosfato 4.5 mg/L e o nitrato foi de 14 mg/L observados no verão. O maior fluxo de amônio foi de 123 g/s, fosfato 149.5 g/s e de nitrato foi de 315 g/s observados na enchente da maré durante o inverno. E em relação aos parâmetros físico-químicos observou-se temperaturas médias de 30.4°C no verão e 24.4 °C no inverno, o oxigênio dissolvido teve em média. Com estes resultados pode-se afirmar que a influência dos nutrientes inorgânicos dissolvidos para qualidade de água está nos padrões recomendados para o bombeamento experimentais em aquacultura a partir do canal. O fluxo foi maior do estuário para o canal nas duas estações onde no verão foi de +764.8 g/s e no inverno o fluxo foi +1336.1 g/s, e sendo que a resultante do fluxo dos nutrientes foi de + 1078 g/s.

**Palavras-chave:** Nutrientes, Fluxos, Concentração, Qualidade de Água, Parâmetros Ambientais.

## **Abstract**

Research focus on the influence of dissolved inorganic nutrients in the water quality pumped from Chuabo Dembe Channel to supply water to the aquaculture laboratory. The methodology consisted of determination of the topography of the channel, measurement of tidal height, salinity, dissolved oxygen, dissolved organic matter, temperature, velocity of currents, etc. Samples were collected one day in summer and one day in winter every hour. The results indicate nutrients concentration was high in summer with the following values: ammonium 5.55 mg/L, phosphate 4.5 mg/L and nitrate was 14 mg/L. Fluxes was high in high tide winter season. Fluxes recording were 123 g/s to ammonium; phosphate 149.5 g/s and nitrate were 315 g/s. And in relation to the physical-chemical parameters, average temperatures of 30.4°C were observed in summer and 24.4°C in winter, the dissolved oxygen had on average 5.7 mg/L observed in winter and 5.9 mg/L in summer. These results shows that the influence of dissolved inorganic nutrients and other water quality parameters measured in our research is within recommended standards for water quality to the experimental aquaculture. The flux was high from estuary toward the channel in both seasons. In summer the budget values was +764.8 g/s and it was +1336.1 g/s in winter, while overall and nutrients flux was + 1078 g/s.

**Key words:** Nutrients, Flux, Concentration, Water Quality, Physico-chemical environmental parameters.

## Lista de figuras

No	Figuras	Pag.
1	Área de estudo	11
2	Localização geográfica do ponto de amostragem	12
3	Área de secção transversal	13
4	Variação da temperatura	16
5	Variação da salinidade	17
6	Variação do Oxigénio dissolvido	18
7	Variação da matéria orgânica dissolvida	19
8	Concentração de Amónio	20
9	Concentração de Fosfato	21
10	Concentração de Nitrato	22
11	Fluxo de Amónio	23
12	Fluxo de Fosfato	24
13	Fluxo de Nitrato	25
14	Ilustração de alguns instrumentos usados, Estufa. <b>a</b> Correntometro. <b>b</b> , fotómetro <b>.c</b> , e maregrafo <b>.d</b>	47



## Lista de tabelas

<b>Tabelas</b>	<b>Pag.</b>
Tabela de abreviatura	VIII
Tabela de imagens usados para a medição de parâmetros físico-químicos usados durante as duas estações.	36
Parâmetros mensurados no canal em função do tempo durante o verão e o inverno no canal	37
Balanço de amônio, fosfato e nitrato em função do ciclo de maré entre o estuário e o canal durante as duas estações.	38

## Tabela de abreviaturas

<b>Símbolos</b>	<b>Significados</b>
%	Porcentagem
$\text{NH}_4^+$	Amónio
$\text{NO}_3^-$	Nitrato
$\text{PO}_4^{3-}$	Fosfato
MOD	Matéria orgânica dissolvida
H	Horas
mg/L	Miligramas por litro
g/s	Gramas por segundo
G	Grama
Há	Hectare
Km	Quilómetro
L	Litro
M	Metro
Mg	Miligrama
ml	Mililitro
‰	Parts per thousand
ESCMC	Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras
UEM	Universidade Eduardo Mondlane

## Sumário

### Capítulo I

1. Introdução.....	1
1.1 Problematização e Justificativa.....	2
1.2 Objectivos.....	3
1.2.1 Gerais.....	3
1.2.2 Especifico.....	3

### Capítulo II

2. Revisão Bibliográfica.....	4
2.1. Estuários.....	4
2.2. Mangal.....	4
2.3. Interação entre Canais Tributários e Mangal no fluxo de Nutrientes.....	4
2.4. Matéria Orgânica Dissolvida.....	5
2.5. Factores físicos - químicos que influenciam na dinâmica de nutrientes.....	5
2.5.1 Marés.....	5
2.5.2 Águas fluviais .....	5
2.5.3 Velocidade das correntes.....	6
2.5.4. Salinidade.....	6
2.5.5. Temperatura.....	6
2.5.6. Oxigénio Dissolvido.....	6
2.6. Biogeoquímica de nutrientes inorgânicos nos canais estuarinos.....	7

2.7. Distribuição de Nutrientes na coluna de água.....	7
2.7.1. Amónio .....	8
2.7.2. Nitrato.....	9
2.7.3. Fosfato.....	9

### **Capítulo III**

3. Metodologia.....	10
3.1. Caracterização da área de estudo.....	10
3.2. Amostragem.....	11
3.3. Determinação da topografia e da área de secção transversal no canal.....	12
3.4. Análises laboratoriais.....	13
3.5. Análise da Matéria Orgânica.....	13
3.6. Determinação dos Fluxos de Nutrientes.....	14

### **Capítulo IV**

4. Resultados.....	15
5. Discussão.....	28

### **Capítulo V**

6. Conclusão.....	32
7. Recomendações.....	33
8. Referências Bibliográficas.....	34
9. Anexos.....	36

## Capítulo. I

### 1. Introdução

Os canais estuarinos representam a principal fonte de nutrientes inorgânicos para os ecossistemas marinhos. É importante salientar que os estuários não só fornecem, mas também recebem material desses ecossistemas (Tappin, 2002). O estuário a partir da drenagem continental capta, concentram e transportam materiais ricos em nutrientes para os ecossistemas costeiros.

À medida que as concentrações de nutrientes aumentam ocorre a aceleração da produtividade de algas, alterando a dinâmica ecológica dos canais estuarinos. Os nutrientes ao serem lançados nos ambientes estuarinos contribuem para o aumento da produção orgânica do canal, elevando a biomassa fitoplanctônica e conseqüente diminuição na penetração de luz e alterando a qualidade de água nos canais (Esteves, 1998).

Esses canais podem possuir grandes quantidades de nutrientes de origem natural e antrópica. A acção antropogênica nestes ecossistemas tem alterado a dinâmica natural dos nutrientes e como resultado, a mobilização destes elementos tem acelerado o seu fluxo para águas costeiras o que pode causar a eutrofização (Huang et al., 2003). Quando a carga dos nutrientes nestes sistemas excede a capacidade de assimilação para produção ocorre a degradação na qualidade da água afectando o cultivo em aquacultura (Esteves, 1998).

O Estuário dos Bons Sinais apresenta várias bacias tributárias sujeitas a intensas forçantes físicas como oscilação da maré e descarga de água doce que é um contributo importante em aquacultura.

Sendo que o canal é uma das pequenas bacias tribuárias do estuário que tem um papel muito importante nas principais bacias hidrográficas. O canal contribui na drenagem dos nutrientes dissolvidos, matéria orgânica dissolvida e particulada, e servem como berçário de peixes e outros animais aquáticos que tem parte do seu ciclo de vida nos estuários.

O estuário dos Bons Sinais é suprido de nutrientes na forma dissolvida e particulada provenientes de diversas fontes, devido a sua geomorfologia que situa o estuário entre as florestas de mangal na cidade de Quelimane caracterizados por actividades antropogénicas (Nhamposse, 2016).

## **1.1 Problematização e Justificativa**

O canal de Chuabo dembe é uma das pequenas bacias tributária do estuário dos Bons Sinais, circundado nas áreas adjacentes pela vegetação de mangal. O canal tem sido aproveitado para o bombeamento de água em ensaios experimentais de aquacultura de algas, tilapias, camarões, entre outros fins de interesse da comunidade situada nas áreas adjacentes do canal. Contudo para obter melhores rendimentos em sistemas de aquacultura é necessário que a água tenha qualidades físicas, químicas e biológicas desejadas. E o nível de concentração dos nutrientes no canal tributário ao estuário dos Bons Sinais é fundamental nos sistemas em aquacultura.

Por outro lado, no canal o curso de água do canal tributário ao estuário dos Bons Sinais é circundado nas áreas adjacentes por vegetação de mangal onde a influência antropogênica é elevada. Os processos biológicos de bioturbação e a remineralização podem também ter um contributo significativo no suplemento dos nutrientes no canal tributário dependendo do tipo e nível de variação de marés e correntes. A interação entre o canal e o estuário através das correntes de marés determinam as variações físico-químicas de qualidade de água no canal afluente do rio. Contudo neste contexto, consideramos relevante fazer um estudo preliminar para determinar a qualidade da água no canal.

Nesta perspectiva, estudo pretende contribuir na produção de informação que pode servir para o aproveitamento de água de boa qualidade no processo de cultivo de espécies aquícolas e outras actividades a serem desenvolvidas tendo como base a água captada neste canal. E esta informação pode ser aplicada concretamente nas experiências de aquacultura em curso na Escola e para outros fins na comunidade.

## **1.2. Objectivos**

### **1.2.1. Gerais**

Avaliar a Influência dos Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ), na Qualidade de Água captada no Canal Tributário do Estuário dos Bons Sinais para ensaios experimentais de Aquacultura no Chubo Dembe.

### **1.2.2. Específicos**

- Analisar os parâmetros físico-químicos (Temperatura, Oxigénio dissolvido, Salinidade e Matéria Orgânica dissolvida) de qualidade de água.
- Determinar os níveis de concentrações de nutrientes inorgânicos dissolvidos ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) em função do ciclo da maré.
- Determinar os fluxos de nutrientes inorgânicos dissolvidos ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) em função do ciclo de maré.

## **Capítulo. II**

### **2. Revisão Bibliográfica**

#### **2.1. Estuário**

Estuário é um corpo de água costeira, semi-fechado com ligação livre ao mar, muito influenciado pela acção das marés onde no seu interior a água do mar se mistura com água doce proveniente das drenagens terrestres (Cameron & Pritchard, 1963).

#### **2.2. Mangais**

Os mangais são ecossistemas costeiros de transição entre dois ambientes: terrestre e marinho, estando sujeita às inundações das marés. Adaptadas a variação de salinidade e a terrenos lodosos com baixos teores de oxigénio. Típicos de áreas tropicais costeiras, os mangais são favoráveis a reprodução, a alimentação e a protecção de espécies animais. Estas características conferem ao mangal o papel de transformador de nutrientes em matéria orgânica (Schaeffer-Novelli, 1995).

#### **2.3. Interação entre Canais Tributários e Mangal no fluxo de Nutrientes**

Os Canais dos estuários e Mangais são ecossistemas muito dinâmicos que encontram-se em constante intercâmbio no fornecimento de nutrientes e matéria orgânica para o ambiente estuarino. As descargas dos rios são as principais fontes de nutrientes nos sistemas costeiros ligados a fronteiras ocidentais dos oceanos (Libes, 1992). As florestas de mangais são fontes de nutrientes para o ambiente estuarino (Tsuchiya, 2007). O principal processo responsável pela importação e exportação de nutrientes entre a floresta de mangal e o sistema estuarino são a vazante e a enchente das marés (Chaia, 2015). A localização do mangal em áreas mais próxima do estuário são caminhos fundamentais para a interacção dos nutrientes, e os fluxos de nutrientes depende da amplitude das marés, e a direcção do fluxo de água (Burford *et al*, 2008; Akamatsu *et al*, 2009). Durante a vazante da maré, os mangais fornecem ao estuário partículas e matéria orgânica dissolvida (Mchenga, 2007), lixo caído como folhas, frutas, outros materiais e amónia (Wafar *et al*, 1996).



## **2.4. Matéria Orgânica Dissolvida**

A matéria orgânica dissolvida (MOD) constitui o mais amplo de carbono orgânico nos oceanos (Passo, 2002). A MOD é constituída por ácidos orgânicos, aminoácidos, peptídeos e carboidratos (Hullebust, 1974).

A matéria orgânica dissolvida produzida pelas algas é assimilada por bactérias e convertida em matéria orgânica particulada que tornar-se-á novamente disponível para cadeias alimentares. A disponibilização do carbono por essas rotas, para níveis tróficos superiores caracteriza o elo microbiano (Azam et al., 1993).

## **2.5. Factores físicos - químicos que influenciam na dinâmica de nutrientes entre o estuário e o canal**

No ambiente estuarino os parâmetros abióticos como: a luz, a temperatura e a salinidade são mais importantes e o conhecimento desses parâmetros constitui-se em um requisito básico para todos os modelos ecológicos (Costa, 1991).

### **2.5.1 Marés**

As marés desempenham um papel importante nos fluxos biogeoquímicos dos nutrientes entre o estuário e a floresta de mangal e vice-versa. Em uma escala de curta duração, as variações dos ciclos das marés determinam mudanças de vários parâmetros físicos e químicos tais como a temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e  $P^H$  que são fundamentais na concentração dos nutrientes e também no volume do transporte da água (Lauerwald, 2011).

### **2.5.2 Águas fluviais**

As águas fluviais apresentam níveis de concentrações de nutrientes que em muitos casos superam em ordens de quantidade dos encontrados nos estuários e mangal, estas diferenças nas concentrações que ocorrem em função das quantidades presentes nos corpos de água, visto que as descargas fluviais variam de acordo com época ou estação do ano (Pereira et.al. 2002).

### **2.5.3 Velocidade das correntes**

Os valores de velocidade das correntes são reduzidos para fornecer a velocidade longitudinal do canal, ajustando valores positivos que representam correntes para o canal e floresta do mangal, e valores negativos para estuário. Portanto, as velocidades de correntes são responsáveis pelo transporte e distribuição dos nutrientes do estuário para as florestas do mangal e vice-versa (Schettini, 2000).

### **2.5.4. Salinidade**

A salinidade é a quantidade total de material sólido em gramas, contido em um quilograma de água do mar, onde todo o carbonato foi convertido a óxido, o bromo e o iodo substituídos por cloro e toda a matéria orgânica foi completamente oxidada (Alcântara, 2004).

A dinâmica da salinidade influencia na variação dos parâmetros abióticos e bióticos no meio estuarino, facto que muitos compostos químicos e iões existentes nas águas estuarinas, influenciam na variação das concentrações de nutrientes em locais com salinidade muito alta acima de 30 ppm (Vassele, 2004).

### **2.5.5. Temperatura**

O regime de temperatura nos estuários em geral é bastante diferente das massas de água adjacentes.

Este facto é determinado, essencialmente, pela pouca profundidade dos estuários e pelo fornecimentos de água doce, em função da sua origem, poderão chegar a temperaturas diferentes e acabando influenciar na concentração de nutriente (Vassele, 2004).

### **2.5.6. Oxigénio Dissolvido**

O oxigénio é um dos elementos mais importantes na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos devido a relevância em processos biológicos como a fotossíntese, a respiração e depuração da matéria orgânica detritica, sendo que a atmosfera e a fotossíntese são as principais fontes. Assim como outros gases, a solubilidade do oxigénio na água depende da temperatura e da pressão, com o aumento da temperatura e a diminuição da pressão ocorre redução da solubilidade do oxigénio na água(Todeschini, 2004).

## **2.7. Biogeoquímica de nutrientes inorgânicos nos canais estuarinos**

Os nutrientes são constituintes fundamentais envolvidos no processo de formação de matéria orgânica nos seres vivos, que iniciam nos produtores primários, no caso de sistemas aquáticos o fitoplâncton, chegando até ao organismo de topo da cadeia alimentar, na cadeia ocorre a transferência de nutrientes no sentido dos produtores para os consumidores, sendo que este ciclo se fecha com o retorno dos nutrientes aos produtores, possibilitado pelos decompositores que transformam a matéria orgânica dos organismos mortos e de excrementos em compostos mais simples (Eschrique, 2011).

As variáveis climáticas actuam em toda a configuração das bacias hidrográficas onde se encontra uma área estuarina. As variações dessa configuração reflectem nas proporções de material em suspensão, incluindo os nutrientes que ao serem absorvidos pela comunidade fitoplanctônica, entram na composição dos compostos produzidos durante a fotossíntese (Filho, 2009).

Os estuários são considerados ambientes eutróficos, isto é, devido a alta produtividade primária conduzindo uma relação directa com os nutrientes fornecidos por várias fontes naturais: (lixiviação, fluxo de águas de rios, intemperismo), e as fontes antropogênicas como os (esgotos domésticos), que repõem os nutrientes perdidos por morte, degradação ou transporte da matéria orgânica (Eschrique, 2003).

No ambiente marinho, os principais nutrientes dissolvidos são os inorgânicos nitrogenados como o amónio, nitrito, nitrato, além de fosfato e silicato, os quais condicionam o desenvolvimento dos organismos fitoplanctônicos (Filho, 2009).

### **2.7. Distribuição de Nutrientes na coluna de água**

Para a distribuição de nutrientes na coluna de água é controlado por um perfil vertical caracterizado pelo decréscimo da concentração próximo a superfície, resultante de várias interações de processos físicos e biogeoquímicos, tais como o movimento das águas, o clima, a descarga dos rios e o surgimento do fitoplâncton na zona eufótica (Libes, 1992). Os nutrientes tais como fosfatos e derivados de nitrogénio inorgânico dissolvido (nitrato e amónio) são encontrados na forma dissolvida na coluna de água e são usados pelos seres foto-autotróficos na síntese de matéria orgânica através do processo fotossintético (Braga, 1995).

### **2.7.1. Amónio**

O amónio é a forma mais reduzida e mais abundante do nitrogénio inorgânico nas superfícies do mar e estuários este nutriente é proveniente da matéria orgânica, dos efluentes municipais, da poluição industrial e agrícola (Grasshoff & Kremling, 1999).

E pode ser encontrado em águas superficiais e subterrâneas e no fundo do mar é produzida a partir do putrefação de compostos orgânicos nitrogenados solúveis na água, decomposto por acção das bactérias proteolítica e dos excrementos dos animais marinhos (Prospero *et al.*, 1996).

É uma substância de extrema importância para organismos vivos pois contribui na formação de moléculas orgânicas como aminoácidos, ácidos nucleicos, açúcares aaminados, entre outros (Nhamposse, 2016).

Os organismos fitoplanctónicos usam o amónio ( $\text{NH}_4^+$ ) como fonte de nitrogénio, pois os custos energéticos para a assimilação do nitrogénio são baixas (Silva, 2007).

No processo de assimilação do fitoplâncton, a amónia é utilizada para a sintetização das proteínas. Cujas sua importância nos organismos produtores deve-se ao facto de sua absorção ser energeticamente viável, segundo Greenberg *et al.*, 1995 citado por Halo (2004). Em concentrações elevadas a amónia causa grandes implicações ecológicas, influenciando a dinâmica do oxigénio dissolvido no meio, o que afecta negativamente a comunidade dos peixes (Valiela, 1995).

O amónio é bastante tóxico e muito limitativo para a vida dos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg/L. Contudo, afirma que o consumo excessivo do oxigénio dissolvido das águas estuarinas ao ser oxidada biologicamente, porque o oxigénio dissolvido é consumido pelas bactérias e outros micróbios ao oxidarem o amónio em nitritos e nitratos (Valiela, 1995).

### **2.7.2. Nitrato**

O nitrato é a forma de derivado de nitrogénio mais estável e mais abundante no ecossistema marinho, ocorre de forma natural em lagos, mares e mais abundante nos rios em relação aos estuários com uma concentração de cerca de  $1\mu\text{mol/L}$  que pode aumentar quando as fontes externas desse composto estiverem conectadas a esses cursos de água atingindo até aos  $25\mu\text{mol/L}$  (Dellagiustina, 2000).

Na maioria dos casos o nitrato constitui a principal fonte do nitrogénio para os vegetais fitoplanctónica.

Em muitos ambientes marinhos o nitrato é considerado micronutrientes controlando a produção primária na superfície, pela oxidação microbial da amónia e da remoção pelos produtores primários (Wiley, 1997).

### **2.7.3.Fósforo**

Fósforo é um dos produtos provenientes da dissociação do ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) e é a forma mais abundante do fósforo, o fósforo presente em águas naturais sejam em forma iónicas quer na forma complexa encontra-se na forma de fósforo (Valiela, 1995).

A proveniência do fósforo em águas do mar depende das descargas fluviais, pluviais, vento e o lixiviamento da rocha mãe. A fonte de regeneração e o apodrecimento do fósforo orgânico particulado (*POP*) e dos animais. Alguns são excretados por bactérias e fósforo inorgânico dissolvido (*DIP*) e provido por hidrólises microbial de éter do fósforo orgânico dissolvido (*DOP*) mas em quantidades bastantes menores (Wazer, 1973).

Sua concentração nas águas dos rios é próxima a dos mares, aproximando-se intervalos de 0-3  $\mu\text{mol/L}$  (Valiela, 1995). Em muitos casos das águas continentais o fósforo é um factor limitante na produtividade e dado como o principal factor responsável pela eutrofização. O fósforo é considerado um dos mais importantes nutrientes devido a sua participação no armazenamento de energia e estruturação da membrana celular (Halo, 2004).

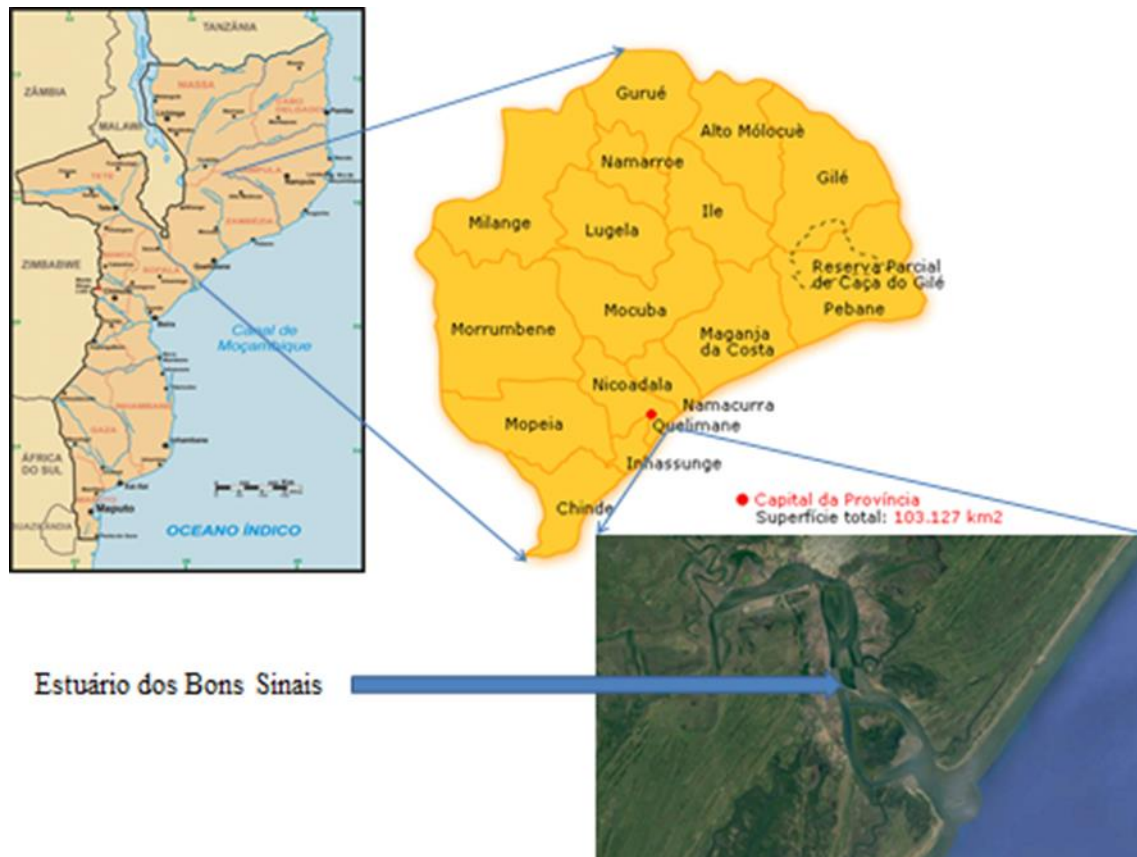
## Capítulo. III

### 3. Metodologia

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

O Estuário dos Bons Sinais localiza-se na parte leste de Moçambique, cidade de Quelimane, Chuabo Dembe (lat. 17°52'25,67''Sul; long. 36°51'25,67''Este), com um clima tropical húmido seco e duas épocas de estação do ano bem distintas, época seca (inverno) de (Março - Agosto) e época chuvosa (verão) de (Setembro - Abril). O estuário tem cerca de 30 km de extensão desde a boca até a confluência e 2 km de largura e possui uma profundidade média de 12 metros. A zona é fortemente influenciada pelos ventos monções da África Oriental, e é predominada por marés de natureza semidiúrnas. As temperaturas diurnas são em geral superiores a 30°C na estação quente mas as vezes podem baixar até 20°C na estação fria (INAHINA, 2000).

Este estuário tem dois principais rios tributários, nomeadamente Licuari e Cuacua para além destes dois rios, ao longo do estuário encontram-se vários canais que estabelecem uma interacção entre o rio e os ecossistemas de mangal. O canal de Chubo Dembe, onde foi realizado o estudo faz parte de uma das pequenas bacias que tributa no estuário dos bons sinais (fig.1)



Estuário dos Bons Sinais

**Figura 1:** Área de estudo (Governo da província da Zambézia, 2017; Coimbra, 2013 & Google Earth).

### 3.2. Amostragem

Para a realização do trabalho foram colhidas as amostras nas águas superficiais do canal de chuabo Dembe, nas proximidades do local de bombeamento de água para os tanques de aquacultura da UEM-ESCMC nas épocas chuvosas (Verão) e seca (Inverno).

As primeiras colectas das amostras referentes a época chuvosa (verão) foram realizadas nos dias 13 de Outubro e dia 17 de Dezembro de 2016 na maré viva com a duração de 12 horas. As amostras foram recolhidas em intervalos regulares de 2 em 2 horas durante o período diurno. E a segunda amostragem referente a época seca (inverno) correu no dia 23 de Junho de 2017 também na maré viva, seguindo o mesmo padrão em relação as primeiras amostragens.

Neste período foi registada a altura da maré através de marégrafo, a velocidade de correntes, turbidez da água, concentração do oxigénio, salinidade, temperatura da água através do correntometro. Ao mesmo tempo eram colhidas as amostras de água em garrafas plásticas de 50 ml para análise de nutrientes no laboratório e concentração da matéria orgânica dissolvida. Na figura 2 está ilustrado o ponto de amostragem (latitude: 17°52'26.33''S & longitude: 36°51'25.92''E)

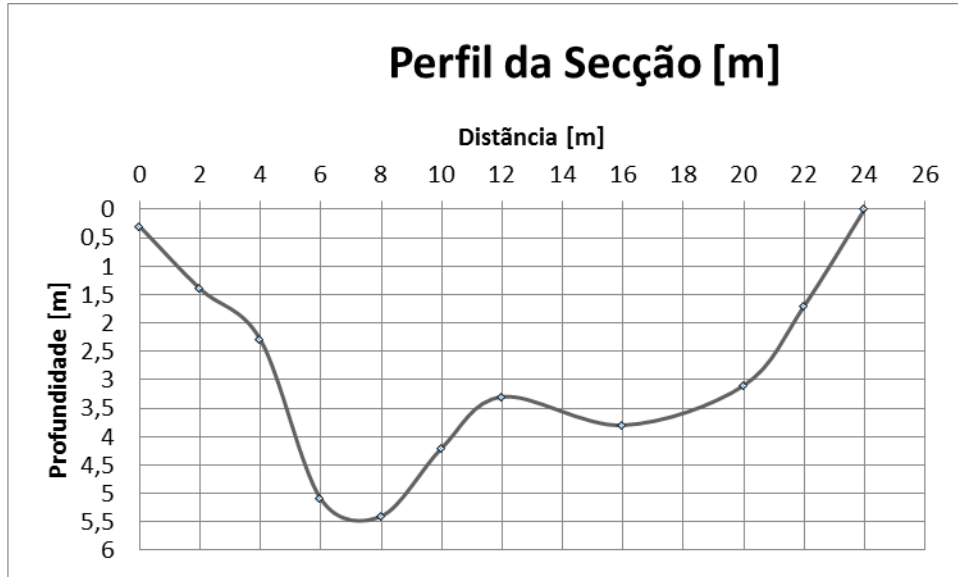


**Figura 2:** Localização geográfica do canal usado para a colecta de dados no estuário dos bons sinais (Fonte: Google Earth).

### **3.3. Determinação da topografia e da área de secção transversal no canal**

A topografia do canal foi determinado com auxílio do Eco sonda acoplada a um barco que foi usado para efectuar a batimetria durante as expedições. As áreas das secções transversais ocupadas pela maré em cada altura atingida no canal foram determinadas a partir dos gráficos referentes as alturas das marés e a distâncias horizontal ocupada pela água no canal tributário. Na figura 3, esta ilustrada a variação da topografia do canal em função da distância horizontal ocupada pelas águas durante a elevação das marés.





**Figura 3.** Ilustra a Área do perfil da secção transversal do canal onde foram colhidas as amostras.

### 3.4. Análises laboratoriais

As amostras foram analisadas no laboratório com uso de vários materiais laboratoriais com intenção de obter as concentrações de Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), Fosfato ( $\text{PO}_4$ ) e Amónio ( $\text{NH}_4^+$ ) das águas superficiais no canal tributário. Salientar que o laboratório apenas foi usado para determinar concentrações de matéria orgânica dissolvida e nutrientes, com o auxílio de um fotómetro portátil designado Photometer System MultiDirect\_7. Para cada amostra foram feitas duas réplicas e posteriormente calculou-se a média da concentração de cada tipo de nutriente.

### 3.5. Análise da Matéria orgânica dissolvida

Para a determinação do teor de matéria orgânica dissolvida foi usado a estufa, e seguindo-se o método estabelecido por Goldin (1987), com as seguintes modificações de secagem prévia das amostras em estufa a  $105^\circ\text{C}$ , por um período de 1 hora, visando eliminar toda a água presente nos resíduos (Rodella & Alcarde, 1994).

Após esse período, os pratos com as amostras foram deixados em forno e incinerados em uma temperatura de  $330^\circ\text{C}$ , por 3 horas. Posteriormente, o conjunto (prato + resíduos) e em seguida, foi pesado.

O teor de matéria orgânica foi determinado em razão da perda de massa do resíduo incinerado, considerando-se o material perdido pela queima no intervalo de variação da temperatura de 105 °C a 330 °C, conforme a fórmula:  $MOD = (P - (T - C) \times 100) / P$ , em que P = peso da amostra (g) depois de aquecida a 105 °C; C = prato (g); e T = peso da cinza + prato (g).

### 3.6. Determinação dos Fluxos de Nutrientes

Os fluxos de cada nutriente foram obtidos a partir da fórmula abaixo, depois calculou-se a resultante do fluxo como sendo a diferença entre os fluxos da vazante e enchente das marés.

$$F = V * [C] \quad (1)$$

$$\text{Sabendo que: } V = A * v \quad (2)$$

Onde:

F—Fluxo de nutrientes (g/s);

V—Volume de água transportado ( $m^3/s$ );

A—Área da seção do canal ocupada pela maré ( $m^2$ );

v—Velocidade das correntes (m/s);

[C]—Concentração do nutriente (mg/L).

Após o cálculo dos fluxos de amônio ( $NH_4^+$ ), nitrato ( $NO_3^-$ ) e fosfato ( $PO_4^{3-}$ ) usando a equação (1), fez-se o processamento dos mesmos na folha da plataforma Excel juntamente com os dados de maré, concentração de nutrientes, áreas das seções transversais e de velocidade das correntes.

## Capítulo. IV

### 4. Resultados

Os resultados referentes a temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e matéria orgânica durante o verão e inverno estão ilustrados através de figuras em função da variação do tempo. A seguir descreve-se o comportamento de cada variável ambiental observada em intervalos de tempo em que a altura das marés foi variando durante a amostragem.

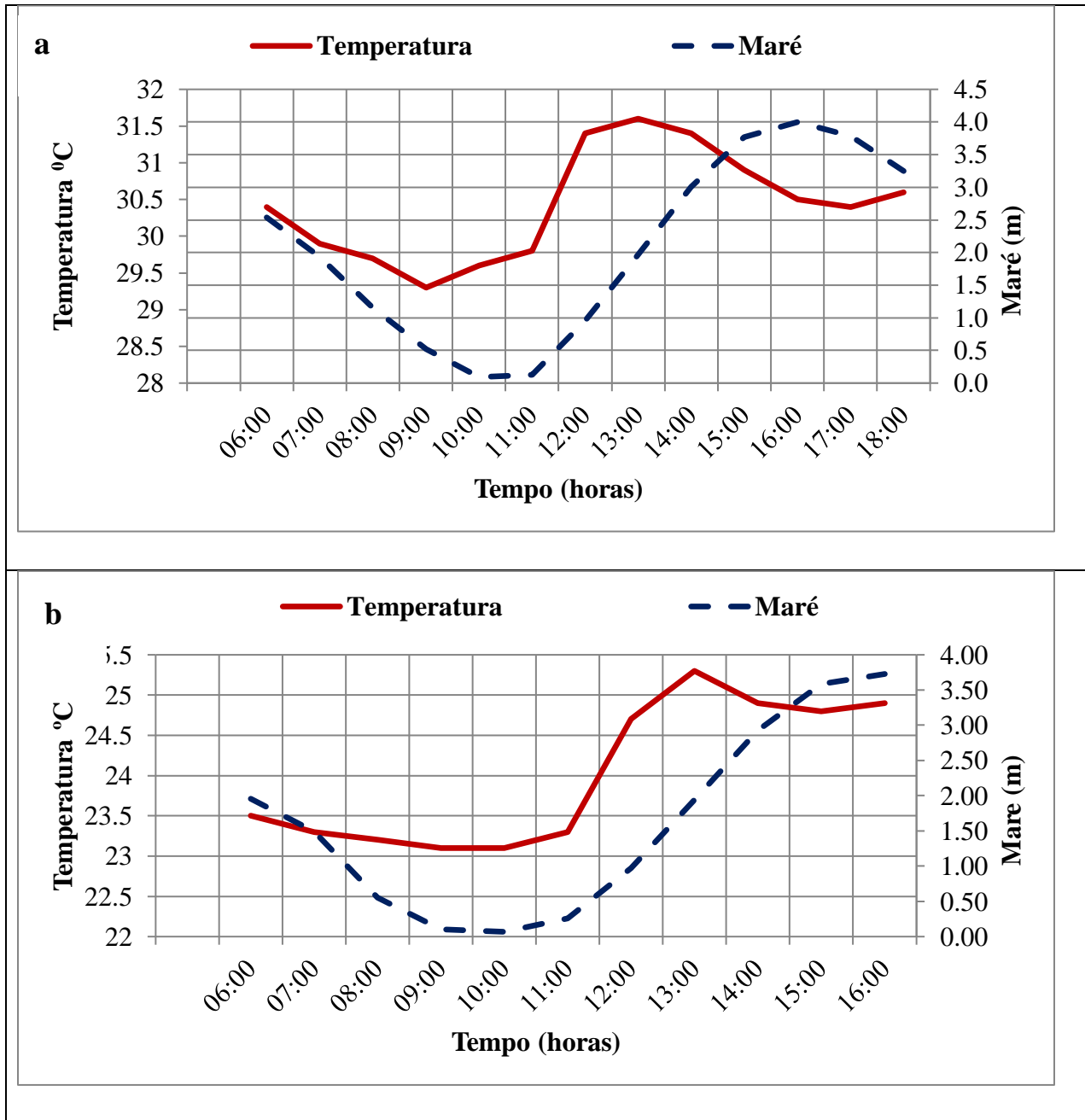
#### 4.1. Parâmetros de Qualidade de água mensurados no canal (Temperatura, Oxigênio Dissolvido, Salinidade e Matéria Orgânica)

As figuras abaixo ilustram os resultados referentes a temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido matéria orgânica e velocidade das correntes medidos durante o verão e inverno durante a maré viva.

##### 4.1.2 Temperatura

A variação da temperatura durante o verão e inverno é ilustrado pela figura 4. Onde durante o verão, a temperatura variou entre 29 °C e 32 °C com uma média de 30.4 °C (fig. 4a). Na figura 4 a), observa-se que a temperatura decresce de 30.4 °C até 29.3 °C no intervalo das 6:00 horas até às 9:00 horas. No período das 10:00 começou aumentar atingido a máximo as 13:00 com um valor de 31.6 °C. Nos instantes posterior, a temperatura decresceu até cerca de 30.5° C, onde a temperatura permaneceu quase constante até ao fim da amostragem. A temperatura parece ser independente da variação da maré. A altura mínima da maré foi de 0.0 m e a máxima observada foi de 3.5 m.

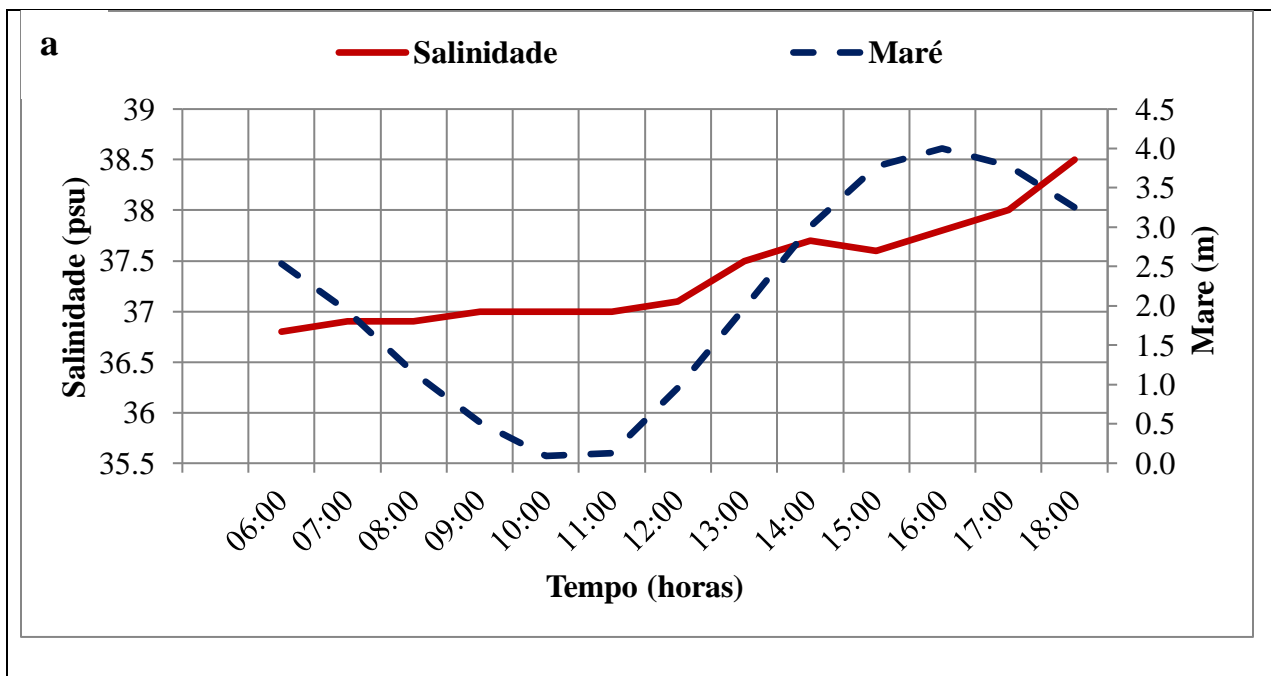
No inverno, a temperatura teve uma tendência crescente, variando entre 23 °C e 25°C (figura 4b). No intervalo das 6:00 até as 11:00 horas a temperatura oscilou em torno de 23°C e as 13:00 horas atingiram a máxima de 25.3 °C. Nos instantes posteriores, a partir das 14:00 até o final da amostragem, a temperatura tende a ser constante em torno de 25 °C (fig. 4b). A elevação da maré variou entre 1.2 m e 1.4 m. Também nesta época, as variações das marés parecem não ter efeito sobre a variação da temperatura (Fig.4b).

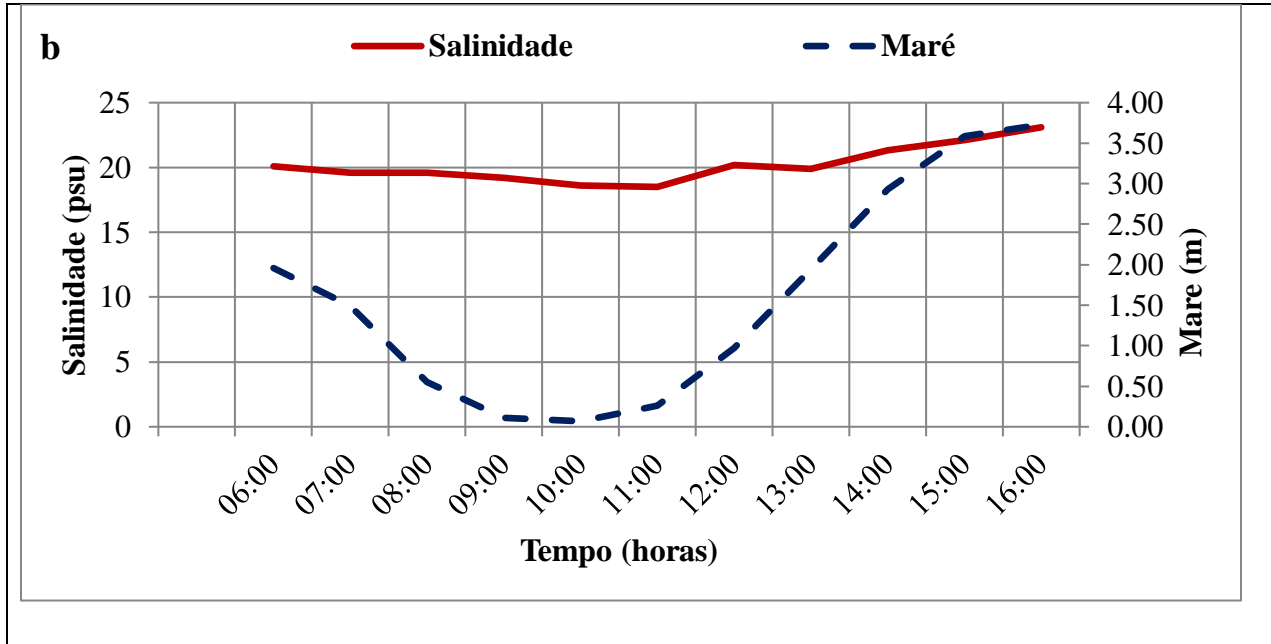


**Figura4.** Variação da temperatura no verão (a) e inverno (b) e a elevação das marés em função do tempo

### 4.1.3 Salinidade

A salinidade variou no sentido crescente de 36 psu a 38 psu durante as observações feitas no verão (figura 5a). Esta variação da salinidade parece que não foi influenciado pela variação das marés, uma vez que na vazante assim como na enchente da maré o teor da salinidade mostrou tendências crescentes dos seus valores com a variação das horas do dia. No inverno, como ilustra a figura 5b, a salinidade variou ligeiramente entre 20.1psu e 23.1psu (figura 5 b). No intervalo das 6:00 até as 11:00 horas a salinidade oscilou em torno de 20.1 psu e 18.5 psu, coincidindo com a diminuição do nível de maré, e a partir das 12:00 horas até 15:00 horas a com a subida do nível de água a salinidade oscilou no intervalo de 20.2 psu a 22.1 psu.

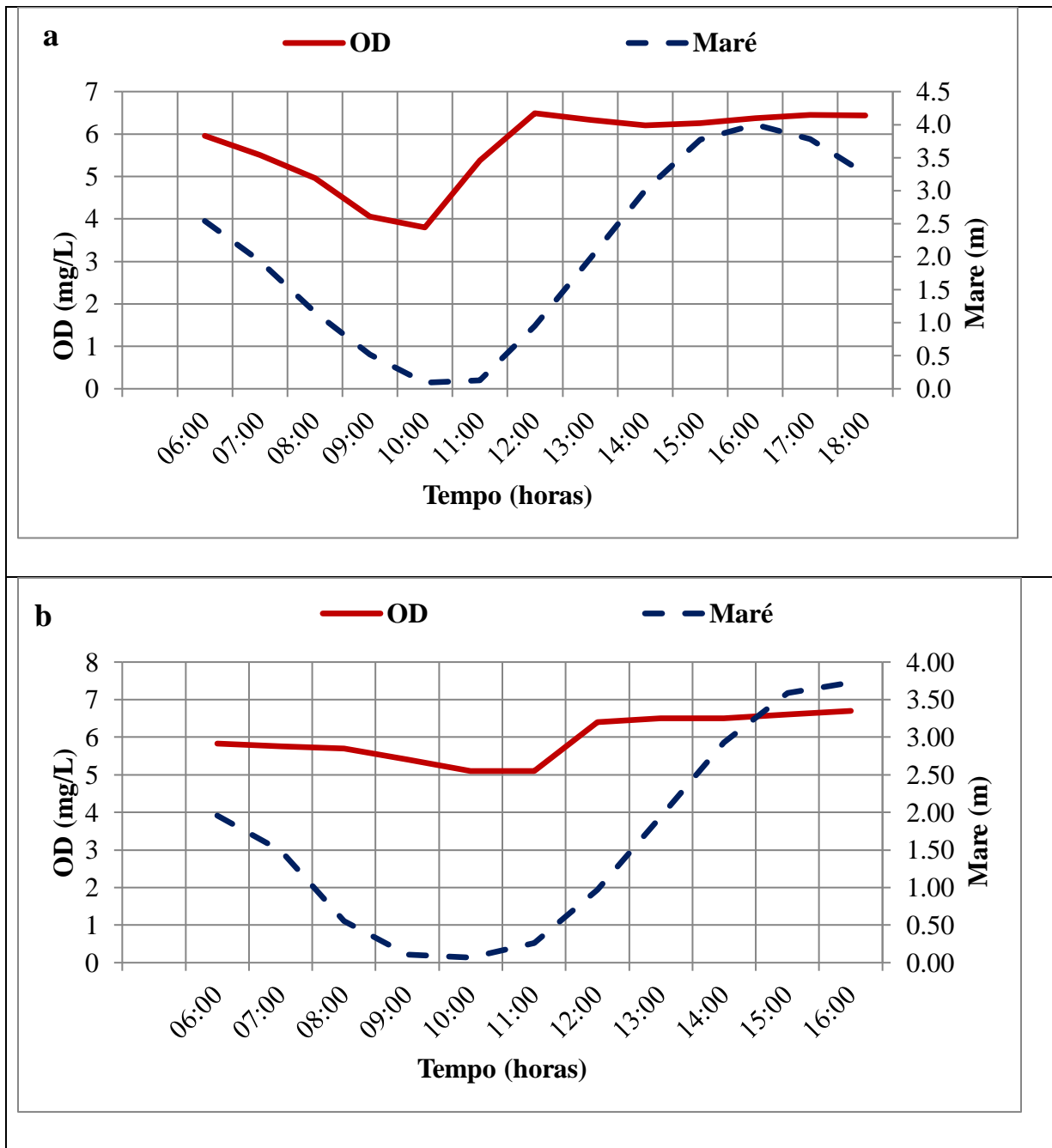




**Figura 5.** Variação da salinidade no verão (a) e inverno (b) e a elevação das marés em função do tempo.

#### 4.1.4 Oxigénio dissolvido no canal

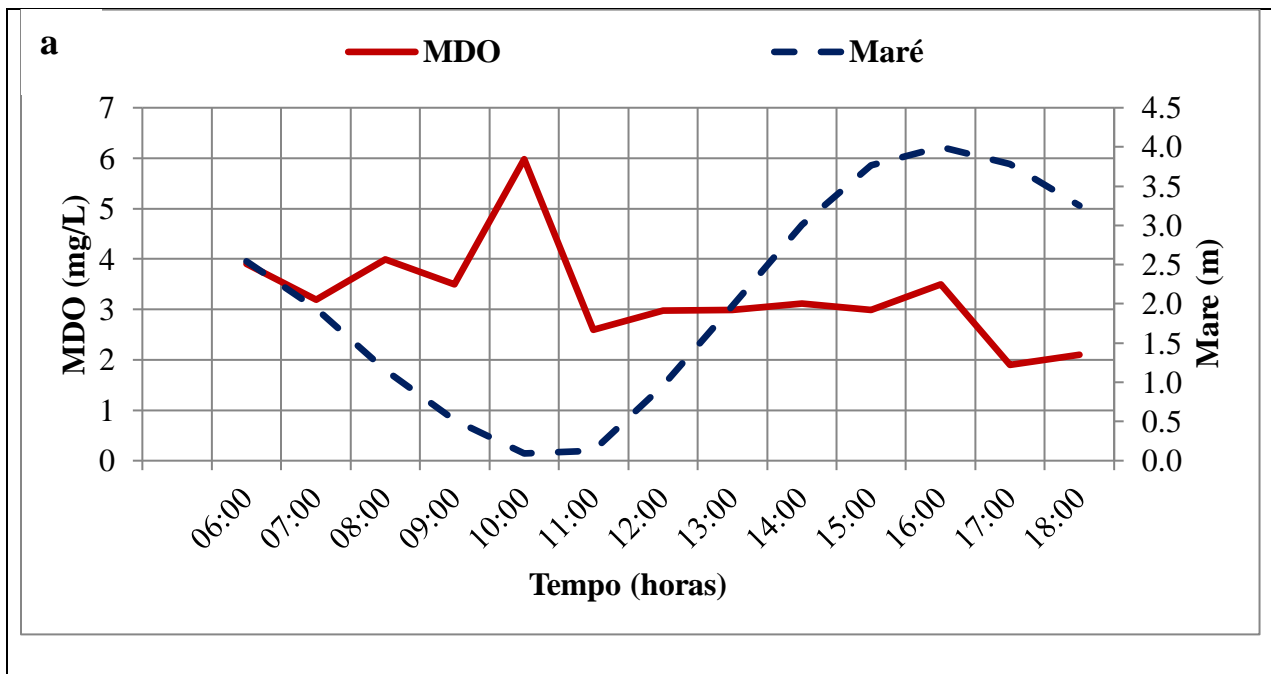
Os teores de Oxigénio Dissolvido [OD] no verão variaram na faixa de 5,96 mg/L a 3,8 mg/L das 06:00 horas as 9:00 horas (figura 6a). Esta diminuição do [O<sub>2</sub>] dissolvido, coincide com o decréscimo de nível de água. A concentração média de [O<sub>2</sub>] dissolvido foi 4,7 mg/L. No intervalo das 10:00 horas até as 12:00 observou se um aumentou da concentração de OD de 3,8 mg/L até 6,49 mg/L. A partir das 12:00 horas as 18:00 horas com a elevação do nível de água a variação de [O<sub>2</sub>] dissolvido esteve em torno de 6,40 mg/L (figura 6a), com média de 5,98 mg/L. E durante o inverno observou-se que o canal foi muito oxigenado e as concentrações de [OD] foram de 5,6 mg/L a 5,02 mg/L com médias de 5,24 mg/L das 06:00 horas as 09:00 horas na vazante e das 10:00 horas as 16:00 horas na enchente os valores oscilaram entre 5 mg/L e 6,7 mg/L, com uma média de 6,3 mg/L (figura 6b).



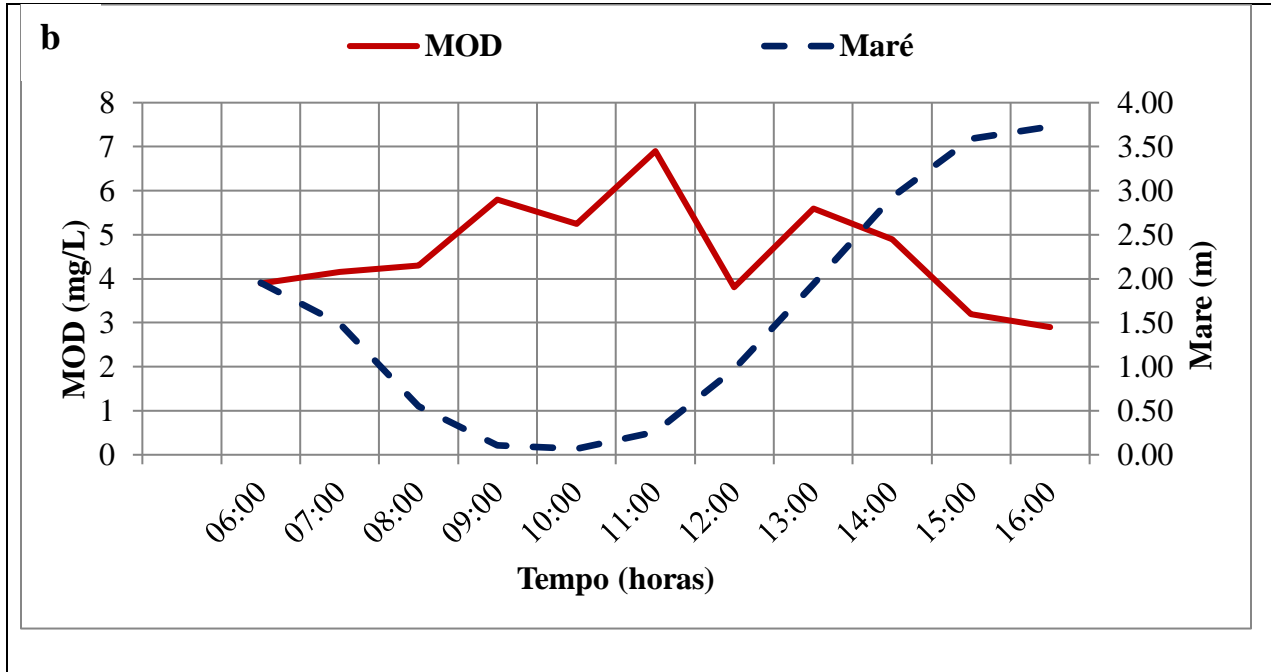
**Figura 6.** Variação da concentração de OD no verão (a) e inverno (b) e a elevação das marés em função do tempo.

#### 4.1.5. Matéria Orgânica Dissolvida

No verão verificou-se que as concentrações de matéria orgânica foram maiores nos instantes em que a maré reduzia do seu nível durante as amostragem onde no intervalo das 06 horas as 10 horas as concentrações foram de 3.9 mg/L a 5.98 mg/L (figura 7 a). As concentrações da MOD decresceram com o aumento do nível de maré no período das 10 as 11 horas de 5.98 mg/L até 2.9 mg/L e, no intervalo das 12 as 15 horas, a concentração de MOD variou a volta de 3 mg/L. Depois das 16:00 a [MOD] reduziu até cerca de 2mg/L. E no inverno as concentrações tiveram o mesmo comportamento conforme a (figura 7 b) onde no intervalo das 06 horas as 10 horas variaram de 3.9 mg/L a 6.9 mg/L, e no período das 11 horas as 16 horas as concentrações variaram de 3.8 mg/L e 2.9 mg/L.





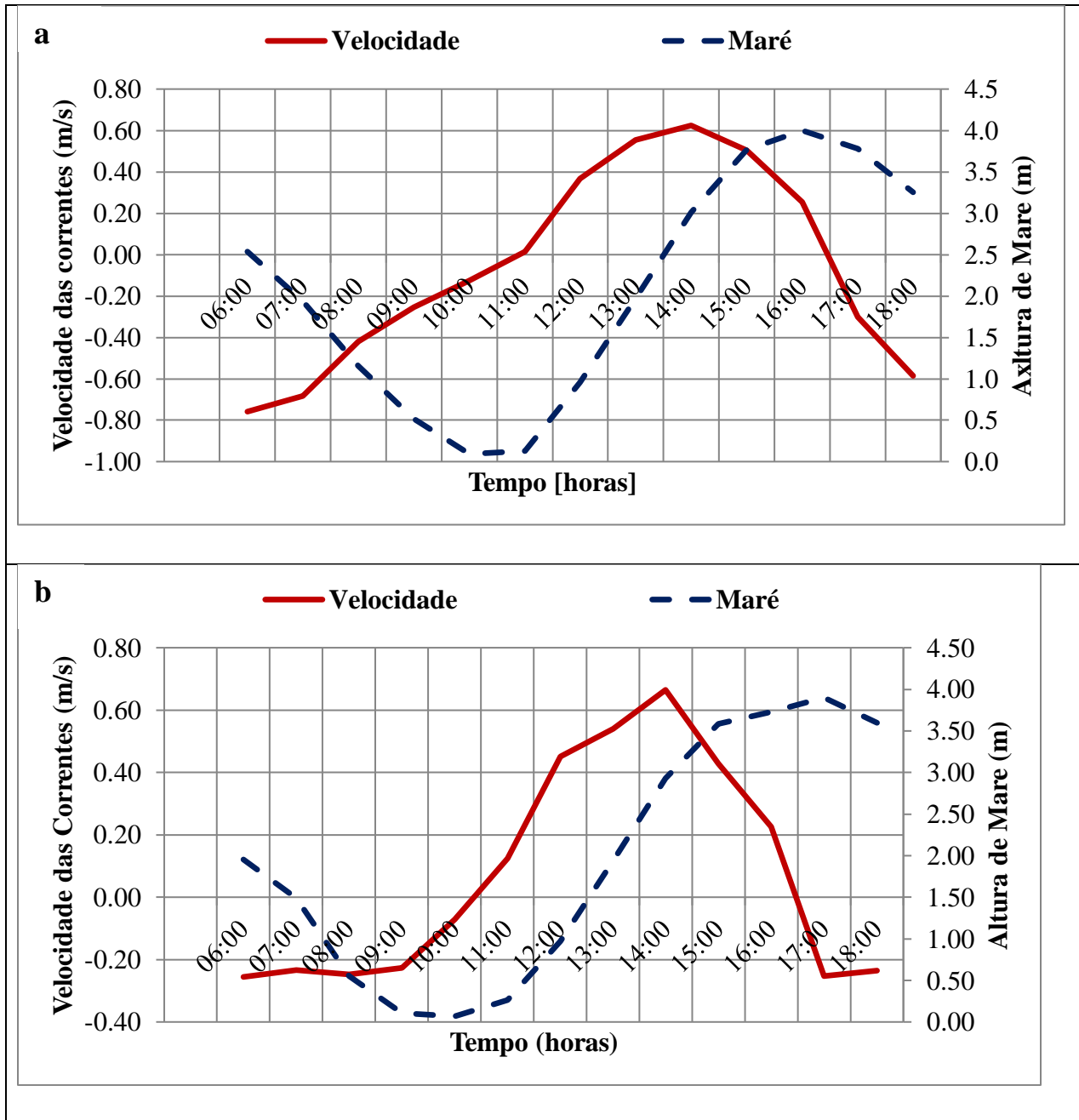


**Figura.7.**Variação da MDO no verão (a) e inverno (b) e a elevação das marés em função do tempo.

#### 4.1.5 Velocidade das correntes

A velocidade das correntes no verão conforme ilustra a figura 8, mostra que a partir do instante inicial das observações, a velocidade das correntes diminui de 0.76 m/s até 0.01m/s no intervalo das 6.00 as 11:00 e, corresponde a vazante das marés (figura 8a). A partir das 12:00, com a enchente da maré, a velocidade das correntes aumentou e atingiu o segundo pico máximo de 0.62m/s as 14:00 quando nível das marés registou o valor de 3 m de altura (figura 8a). Posteriormente, a velocidade das correntes, diminui até cerca de 0.01 m/s as 17:00 horas no pico máximo da maré com valor de 3.8 m de altura. E a partir das 18:00 horas, coma a vazante da maré, a velocidade começou aumentar, tendo sido observado o valor máximo de 0.58 m/s no instante da amostragem (figura 8a). Sendo que no pico mínimo de maré a velocidade foi de 0.07 m/s as 10:00 horas, e as velocidades máximas foram registadas com o aumento do nível de água atingindo 0.66 m/s as 14 horas, figura 8a.

No inverno, o padrão de variação foi similar (figura 8b). As velocidades mínimas foram de 0.01 m/s e 0.02 m/s correspondentes ao pico mínimo (0.26m) e máximo (3.90 m) das marés. A velocidade máxima foi de 0.66 m/s correspondente a elevação das marés de 2.93 m de altura (figura 8b).



**Figura 8.** Variação da velocidade das correntes no verão (a) e inverno (b) e a elevação das marés em função do tempo.

## 4.2. Concentração dos nutrientes Inorgânicos dissolvidos em relação a elevação da Maré

### 4.2.1 Concentração de Amónio

As variações de concentração da amónia no inverno e no verão durante a vazante e a enchente da maré no canal, são ilustrados pela figura 9. Onde as concentrações de amónia nas duas épocas mostram um padrão de variação, isto é, os picos máximos de concentração observam-se abaixo de 1.5 metros de elevação das marés, enquanto os picos mínimos são observados quando a altura de maré esta acima de 3 metros. Porém, a concentrações amónia tendem a serem ligeiramente elevadas no verão em relação ao inverno (figura 9).

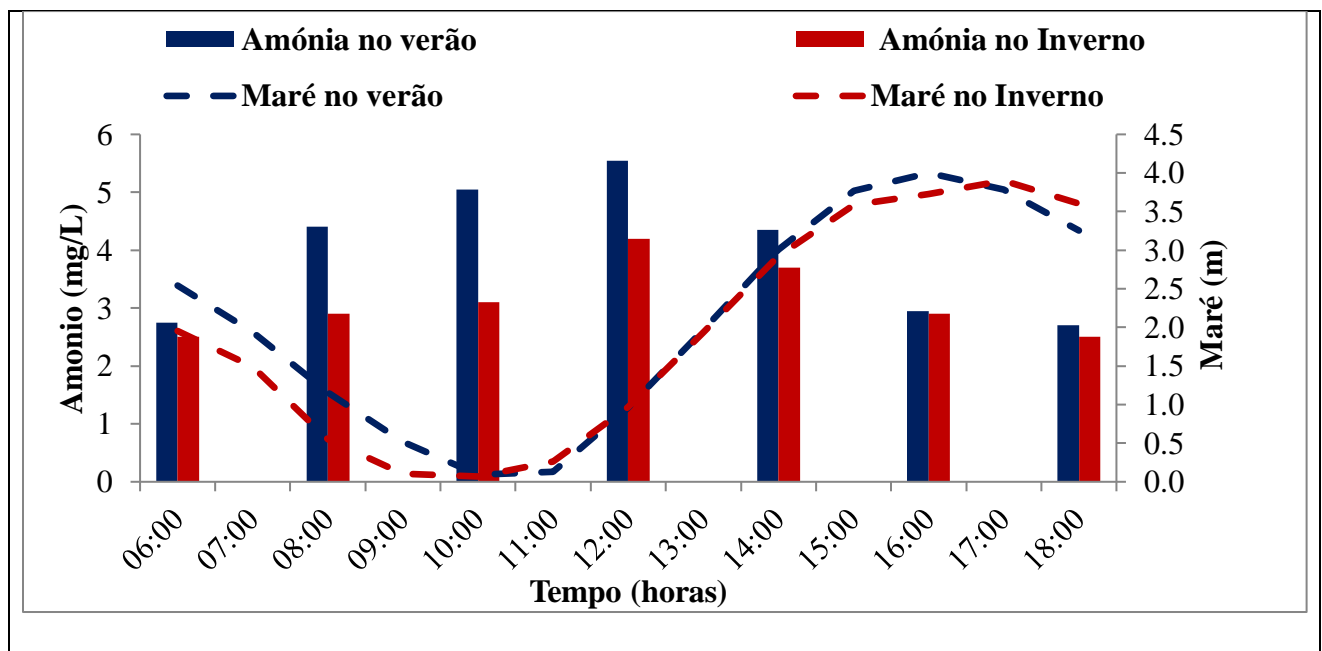
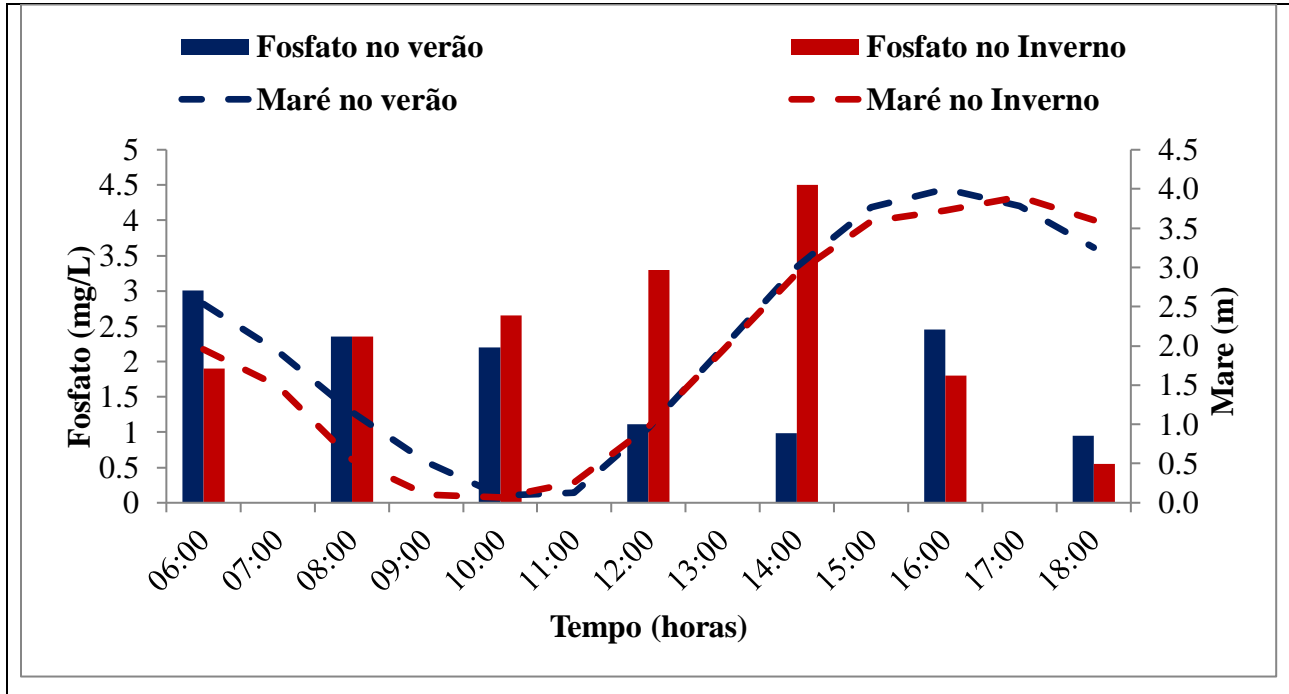


Figura 9. Variação da Concentração Amónio com as marés em função do tempo.

### 4.2.2. Concentração de Fosfato

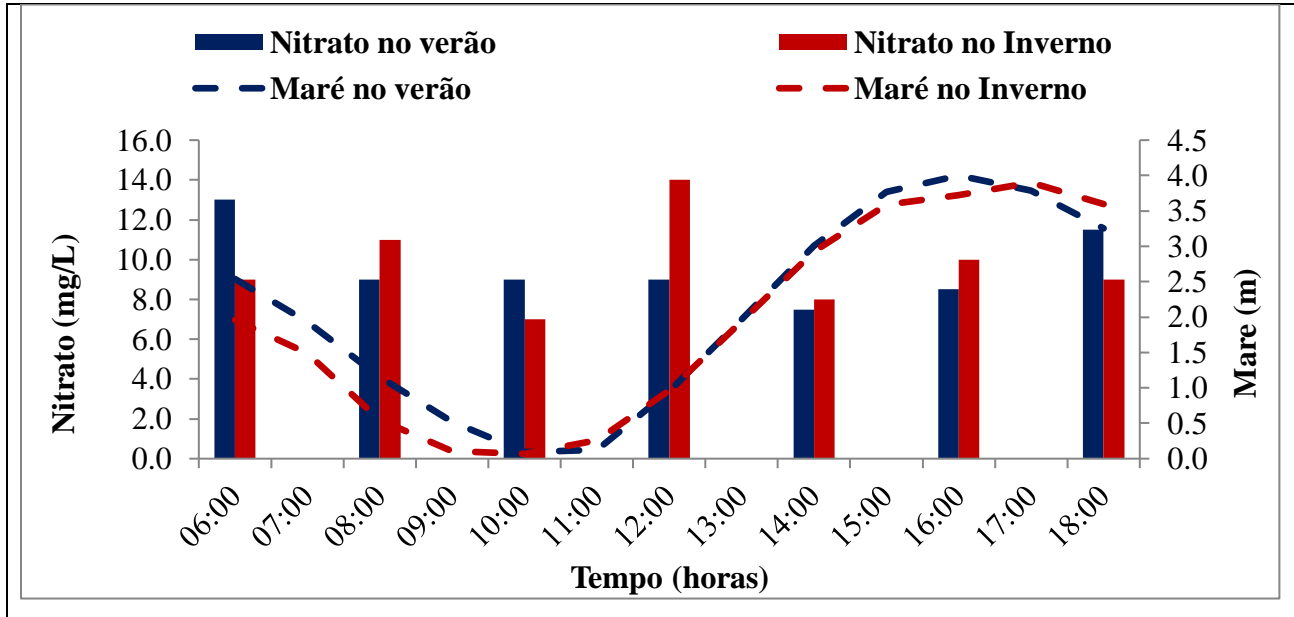
A variação da concentração do fosfato em função da maré na vazante e enchente é ilustrado na figura (10) durante as duas estações. Observa-se que as concentrações de fosfato durante o verão atingiram valores máximos de 3 mg/L, quando a maré atingiu 2.5 m e o mínimo foi de 0.95 mg/L a uma altura de 3.3 m. No inverno, o valor da concentração máxima de fosfato foi observado a uma altura de 3.6 m cuja concentração foi de 4.5 mg/L. Os mínimos do inverno foram observados a 3.3 m com concentrações de 0.55 mg/L.



**Figura.10.** Ilustra a variação das Mares com a Concentração do Fosfato em função do tempo.

#### 4.2.3 Concentrações de Nitrato

As concentrações de nitrato em função da maré são ilustrados pela (figura 11), A concentração do nitrato com a variação de maré durante o verão foi maior na vazante quando o nível da água era 2.5 m onde observou-se 13 mg/L, e as concentrações decresceram com o nível de maré para 9 mg/L as 08:00,10:00 e 12:00 horas, e no inverno foram observados concentrações elevadas de nitrato as 14 horas na enchente cuja concentração foi de 14 mg/L, e o mínimo observou-se as 10:00 horas com o nível mínimo de maré a concentração foi de 7 mg/L.



**Figura.11.** Concentrações de Nitrato com as variações das Marés em função do tempo.

### 4.3. Fluxos dos Nutrientes Inorgânicos ( $\text{NH}_4^+$ , $\text{PO}_4^{3-}$ , $\text{NO}_3^-$ ) no Canal

#### 4.3.1 Fluxo de Amónia

O amónia apresentou maiores fluxos no canal durante a enchente das duas estações onde atingiu os fluxos máximos de 120 g/s e 122 g/s às 14 horas durante o verão e inverno respectivamente. Os fluxos mínimos observaram-se na vazante correspondente a 10 g/s no verão e atingiu 2 g/s no inverno (figura 12) abaixo. O inverno apresentou maiores fluxos relação ao verão.

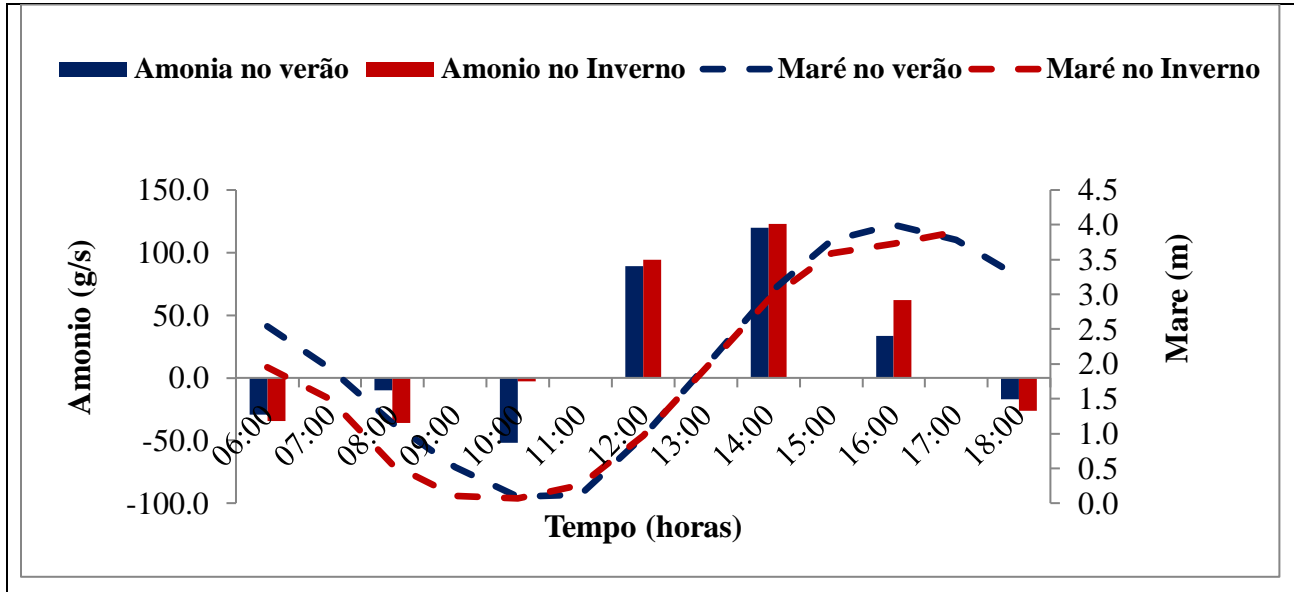


Figura.12. Variação dos fluxos de Amônio em função da maré e do tempo durante o Verão e inverno.

#### 4.3.2. Fluxo de Fosfato

Os fluxos de fosfato durante as duas estações foram quase similares, onde observaram-se maiores fluxos máximos na enchente da maré no verão as 12:00 horas com 74 g/s e 14:00 horas 150 g/s neste período de maré as 14:00 horas, como e ilustrado na (figura 13) e também foi observado maior fluxo de 27 g/s e os menores fluxos observaram-se na vazante onde foi possível ver o fluxo mínimo no verão de 2 g/s as 10:00 horas e 5 g/s as 08:00 horas durante o inverno.

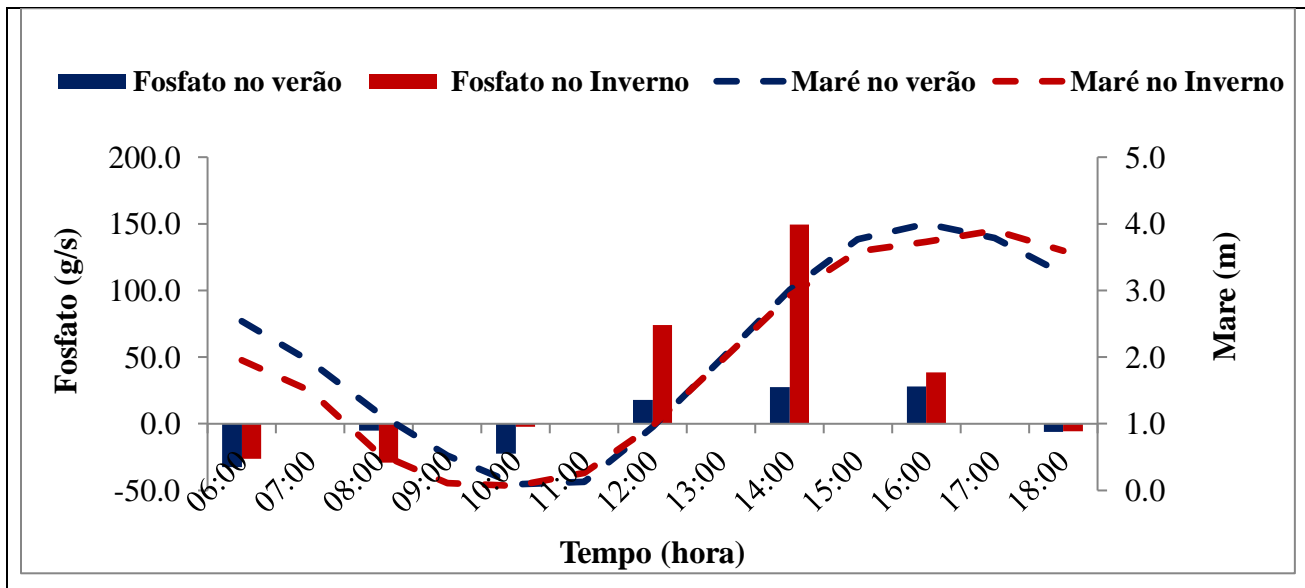


Figura.13. Variação dos fluxos de fosfato com as marés em do tempo.

### 4.3.3 Fluxo de Nitrato

Os fluxos de nitrato, ilustrados na (figura 14), durante as duas estações não teve muita variação onde foi possível observar que na vazante observaram-se os fluxos mínimos sendo 20 g/s as 08:00 horas e 6 g/s as 10:00 horas no verão e inverno respectivamente e na enchente observaram-se os fluxos máximo sendo 207 g/s as 14:00 horas no verão e 315 g/s as 12:00 horas no inverno.

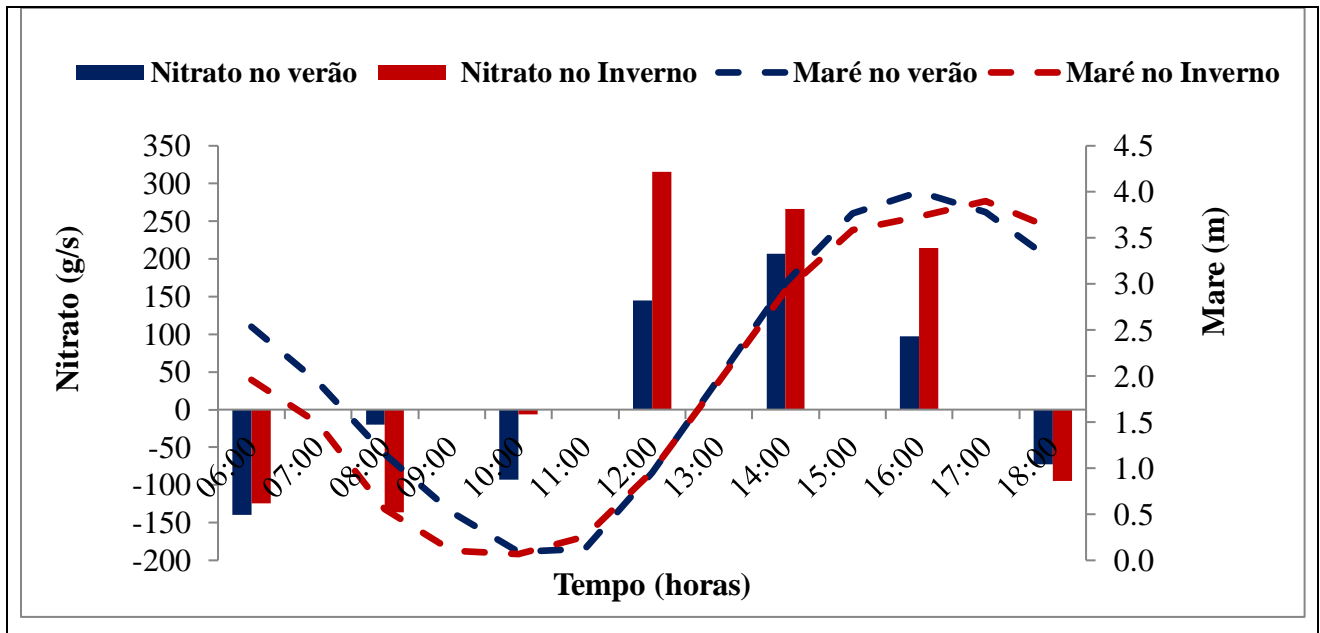


Figura.14. Variação do fluxo de nitrato com os níveis de maré durante o verão e inverno

## **5. Discussão**

As análises dos resultados obtidos foram efectuadas tomando em consideração o verão e o inverno, as variações diárias da maré, considerando que as alturas da maré durante o período de colecta de dados no canal tributário em ambas épocas variaram entre 0.02-3.67 metros, valores esses que fazem parte do intervalo de variação da maré previstos no porto de Quelimane estabelecido pelo INAHINA (2000).

### **5.1. Parâmetros de Qualidade de Água mensurados no Canal**

No verão a temperatura da água foi muito maior e teve em média 30°C e esses valores elevados estão associadas a intensa radiação solar que se faz sentir durante o verão. Valores elevados da temperatura observados, são característico de regiões tropicais e de baixas latitudes (Eschrique, 2007). E durante o inverno estes valores médios que rondavam nos 24°C podem ter sido influenciados pela fraca intensidade da radiação solar que se fizeram sentir durante esta estação do inverno. Para Cyrino (1997), consideram que as médias de temperatura observadas no canal durante o verão e inverno no intervalo de 30°C e 24°C respectivamente, estão dentro do padrão de qualidade de água para o cultivo de espécies típicas das regiões tropicais tais como as tilápias, camarão marinho, algas.

Em relação a salinidade, a média no verão foi de 37 psu na coluna de água, o mesmo observado por Cavalcante (2013) em suas pesquisas e sendo que as possíveis razões destes valores elevados podem estar associados a elevadas temperaturas que possivelmente influenciavam na evaporação da água contribuindo no alto teor de salinidade. E no inverno a salinidade teve a sua media de 20 psu sendo justificado pela pouca influência da radiação solar e talvez maior domínio da água proveniente dos rios ou efeito das chuvas do inverno.

Boyd (1997) considera que para o cultivo em aquacultura estas faixas de salinidade variarão de espécies para espécies sendo que estas são adequadas para a criação de espécies tais como as tilápias, carpas, camarão marinho, e ainda sobrevivência de algumas algas.

O oxigénio dissolvido teve durante as duas estações variações similares onde as médias foram de 5.7 mg/L no verão e 5.9 mg/L no inverno sendo que estes valores estão associados a esta região ser muito susceptível a processos de turbulência das águas causados pela maré e ventos, que causam a oxigenação da água no canal (Cavalcante, 2013). E também as altas taxas de sedimentação que aumentam a transparência da água, favorecem a penetração solar, principalmente no período menos



chuvoso (inverno), e conseqüentemente intensifica a actividade fotossintética, a qual influência directamente na elevação das concentrações desse gás (Monteiro 2015). Estas faixas são consideradas óptimas para o cultivo de diversas espécies algumas tais como peixes, tilápia (*Oreochromis niloticus*), Carpa comum (*Cyprinus carpio communis*), camarões, algas (Boyd, 1997).

E a matéria orgânica dissolvida no canal durante o verão a média foi de 3 mg/L esses valores são justificados pela maior transparência da água influenciada pelas descargas das chuvas, sendo que no inverno a média foi de 4.6 mg/L sendo que a maior influenciados pela maior penetração da água dos rios, efluentes domésticos, água proveniente dos aportes fluviais e mangal registados durante a amostragem.

## **5.2. Concentração de Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos no canal**

Os valores elevados da concentração de amónia registados a níveis inferiores da altura das marés, podem estar associados a acumulação da matéria orgânica arrastada pelas marés durante a vazante, ressuspensão e difusão da matéria em decomposição a partir dos sedimentos do canal para a coluna de água ou ainda pelo processo de amonificação do nitrato para utilização do oxigénio na decomposição da matéria orgânica (Sarmiento & Gruber, 2006). Em relação as ligeiras diferenças entre verão e o inverno, os valores elevados no verão podem ser explicado pela alta actividade microbial quando as temperaturas são favoráveis para a decomposição e reciclagem da matéria orgânica (Sarmiento e Gruber, 2006; Alongi, 2008). O amónio no canal encontra-se em óptimas condições para a prática da aquacultura isto é, dentro do intervalo de 0.2 mg/L a 2 mg/L (Boyd & Tucker, 1998), e sendo considerado tóxico e bastante limitativo à vida dos peixes, e muitas espécies em concentrações acima de 5 mg/L (Valiela, 1998).

A concentração do fósforo durante o verão mostrou valores que eram directamente proporcional ao decréscimo do nível de água onde a concentração máxima foi observada na vazante com 3.01 mg/L, onde as razões desta concentração também observados pelo Dellagiustina (2000) são as marés que influenciaram no escoamento de matéria proveniente do mangal para o canal composta por restos de animais e plantas ricas em fósforo, e o fraco aproveitamento por seres fotossintéticos e o escoamento fluvial, e o mesmo observou-se durante o inverno um aumento da concentração do fósforo com o decréscimo do nível de maré e estes resultados foram constatados pelo Nhamposse (2016), e para a enchente no inverno o comportamento das concentrações de fósforo foram menores e podendo ser

influenciados pelas misturas da água salgada pobre em fosfato, uma vez que o canal na enchente é dominado pela água com alto teor de salinidade, e verificou-se ainda no pico máximo da enchente um valor elevado de fosfato resultado constatado pelo Nhamposse (2016) este resultado pode ter sido influenciado pelas inundações das águas do canal para o mangal, ou o mangal pode ter sido a fonte fosfato. E durante o inverno ainda na enchente as concentrações foram elevadas onde observou-se a concentração máxima de 4,5 mg/L sendo que neste período segundo Dellagiustina (2000) é pelo facto de ter ocorrido uma fraca assimilação deste nutriente por parte dos organismos aquáticos devido a acção das marés ou também devido as misturas que devem ter ocorrido no canal que possibilitaram que o fósforo presente no substrato estivesse disponível na coluna de água ou ainda porque o estuário durante a enchente comportou-se como fonte de nutrientes. O fosfato é fundamental para a produtividade primária no ecossistema marinho em níveis adequados mas em excesso este nutriente contribui para o crescimento massivo das algas, alterando a qualidade da água no ecossistema (Esteves, 1998). Assim os valores obtidos no nosso estudo encontram-se acima das concentrações desejadas em nos cultivo em aquacultura que devem variar de 0.05 mg/L a 0.2 mg/L (Boyd & Tucker, 1978).

E a concentração de nitrato foi maior na vazante onde observou-se 13 mg/L onde as concentrações decresceram com o nível de maré para 9 mg/L as 08:00 e 10:00 horas, e no início da vazante as 18:00 horas observou-se 11,5 mg/L estas concentrações maiores na vazante podem ter sido influenciado pelas misturas das águas dos rios ricos em nitrato, descargas dos esgotos domésticos próximos ao estuário, associados ao maior nível de matéria orgânica ou mangal foi responsável pelo incremento de nitrato, maior escoamento de matéria orgânica do mangal para o canal através das marés, maior conversão de nitrogénio orgânico dissolvido em amónio a partir da amonificação para o amónio e nitrificação para o nitrato, e a sua diminuição ainda na vazante foi a absorção por produtores primários e bactérias, que utilizam esse nutriente durante o processo fotossintético. E na enchente o comportamento do nitrato não teve muita variação em comparação com a vazante onde observou-se o valor mínimo de 7,5 mg/L as 14 horas o aumento da salinidade neste período pode ter sido o factor fundamental para esta diminuição. E no inverno as concentrações na vazante foram oscilatórios onde observaram-se 9, 11, 7 mg/L essas oscilações mostraram tendências de maiores consumos por seres fotossintéticos e também maior entrada através dos mangais, e fontes domésticas próximos ao estuários, e na enchente as concentrações estiveram nos intervalos de 8 a 14 mg/L onde as razões foram: a menor assimilação desses nutrientes por parte dos seres fotossintéticos neste período.

E salientar que na maioria dos casos o nitrato constitui a principal fonte do nitrogénio para o desenvolvimento fitoplanctónico em condições óptimas que devem variar de 0.2 mg/L a 10 mg/L, sendo que o seu excesso causa o crescimento massivo das algas no ecossistema marinho, e alterando a qualidade de água (Boyd, 1997). Assim sendo foram observadas algumas concentrações acima do recomendado.

Em muitas zonas do mar o nitrato é considerado micronutrientes controlando a produção primária na superfície, pela oxidação microbiana da amónia e da remoção pelos produtores primários (Wiley, 1997).

### **5.3. Fluxo dos Nutrientes Inorgânicos dissolvidos**

Os maiores fluxos desses nutrientes (amónio, fosfato e nitrato) tanto no verão assim como no inverno foram observados simultaneamente na maré enchente. Para o caso do fosfato, o resultado coincide com as pesquisas feitas pelo Alongi (2009) e Nataniel (2010) que as prováveis causas são as maiores área ocupada pela água rica em nutrientes provenientes do estuário durante a amostragem, concentrações consideráveis desse mesmo composto durante a enchente ou talvez esse período o estuário serviu de fonte desses nutrientes durante o período. E os fluxos mínimos foram observados na vazante onde atingiu 5 g/s no verão e 2 g/s no inverno sendo que as menores velocidades das correntes podem ter tido maior influencia no seu fluxo e também os menores áreas inundadas no canal. De salientar que durante o inverno os fluxos de amónio, fosfato e nitrato foram muito maiores em detrimento ao verão, razão pela qual as condições climáticas podem ter contribuído nos maiores fluxos como o caso de intensidade da luz, a precipitação, ventos.

## Capítulo. V

### 6. Conclusão

Do ponto de vista das condições de qualidade das águas do canal tributário ao estuário dos Bons Sinais para uso de ensaios experimentais de aquacultura no chuabo dembe pode-se dizer: O inverno foi a estação que apresentou maiores fluxos dos nutrientes inorgânicos dissolvidos no canal.

Os parâmetros físico-químicos medidos apresentaram a temperatura média na água foi de 30 °C, a salinidade média foi de 36 psu, O Oxigénio dissolvido a média foi de 5 mg/L e a matéria orgânica foi 3 mg/L, velocidade mínima 0.01 m/s e máxima das correntes foi de 0.66 m/s durante o verão. Os mesmos parâmetros no inverno mostram que a temperatura média foi de 24 °C, a salinidade foi de 19 psu, O oxigénio dissolvido foi de 6 mg/L e o teor da matéria orgânica dissolvida foi de 4 mg/L.

A maior concentração de amónio foi de 5.55 mg/L, a do fosfato foi de 4.5 mg/L, e o nitrato apresentou uma maior concentração de cerca de 14 mg/L, e todos foram obtidos no inverno. A menor concentração de amónio foi 1.5 mg/L observadas no verão, o fosfato foi de 0,55 mg/L durante o inverno, o nitrato foi de 7 mg/L observadas no inverno. Os maiores fluxos de amónio foi de 122 g/s, o fluxo de fosfato foi de 149 g/s, o nitrato foi de 315 g/s todos foram no durante o inverno.

Os menores fluxos desses nutrientes foram, para o amónio de 2 g/s, o fosfato foi de 2 g/s, e o nitrato foi de 6 g/s todos durante o inverno. O fluxo foi maior do estuário para o canal nas duas estações onde no verão foi de +764.8 g/s e no inverno o fluxo foi +1336.1 g/s, e sendo que a resultante do fluxo dos nutrientes foi de + 1078 g/s.

Os parâmetros físico-químicos e os nutrientes inorgânicos dissolvidos ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ), indicam que a qualidade de água pode ser adequada para experiencias de aquacultura, uma vez que os valores estão dentro dos limites estabelecidos sobre o controlo de qualidade de água para aquacultura.

## **7. Recomendações**

Como é sabido que para maior produtividade em aquacultura é necessário que a água tenha uma qualidade desejada em todos parâmetros, recomenda-se que nas próximas pesquisas desta natureza as análises envolvam parâmetros biológicos (clorofila-a, fitoplâncton), pH e outros parâmetros físico-químicos que não foram incluídos neste estudo) a fim de obter informações sobre as influências destes parâmetros na influência dos nutrientes na qualidade de água no canal.

Recomenda-se que se faça o bombeamento da água para ensaios em aquacultura no período da enchente da maré viva porque o canal retém nutrientes e matéria orgânica durante a vazante e ficam suspensos na enchente.

Recomenda-se que se faça um estudo do género mas baseando-se na maré morta a fim de obter informações gerais sobre a influência destes nutrientes na qualidade de água. Nestes estudos, deve-se ter em consideração a extensão de maior cobertura temporal.

## 8. Referências Bibliográficas

- ❖ Alongi, D. M. (2009). *The energetic of mangrove forests*, Australian Institute of Marine Science, Townsville: pp. 216, Queensland, Australia.
- ❖ Boyd, C.E. (1990) Water quality in ponds for aquaculture. Alabama Agriculture Experiment Station, Auburn University.
- ❖ Boyd, C.E.; Tucker. C.S. (1998) Pond aquaculture water quality management. Boston: Kluwer Academic.
- ❖ Boyd, C.E. (1997) Advances in pond aeration technology and practices.
- ❖ Braga, E. (1995). *Nutrientes dissolvidos e produção primária do fitoplâncton em dois sistemas costeiros do estado de São Paulo*. São Paulo - SP: Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.
- ❖ Cavalcante, Mariany Sousa (2013). *Comportamento geoquímico do carbono dissolvido sob diferentes condições de maré no estuário do rio Jaguaribe*. Fortaleza.
- ❖ Cyrino J. E. P. et al., (1997) *Desenvolvimento da criação de peixes em tanque-rede e análise dos fundamentos, viabilidade e tendências, baseadas em experiências bem sucedidas no sudeste Brasil*.
- ❖ Dellagiustina, A. (2000). *Determinação das concentrações de nitrogênio e fósforo dissolvidos em diferentes locais do rio Itajaí-Açu*. Florianópolis-Brasil.
- ❖ Eschrique (2003) *Estudos preliminares sobre os fatores que controlam a concentração dos nutrientes (silicato e fosfato), no estuário da praia do Bispo, Belém-PA* : p 492- 494.
- ❖ Eschrique, S. A. (2011). *Estudo do balanço biogeoquímico dos nutrientes dissolvidos Principais como Indicador da Influência Antrópica em Sistemas Estuarinos do Nordeste e Sudeste do Brasil*. Universidade de São Paulo/Instituto Oceanográfico.
- ❖ Esteves, F.A. (1998) *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro.
- ❖ Filho, F. J. (2004). *Distribuição e partição geoquímica de fósforo em sedimentos estuarinos do rio Jaguaribe/CE*. Fortaleza-CE.
- ❖ Goldin, A. (1987). *Reassessing the use of loss-on-ignition for estimating organic matter content in noncalcareous soils*. Commun. Soil Sci. Plant. Anal.
- ❖ Grasshoff, K, Kremling, K, (1999). *Methods of Seawater Analysis*.3 ed. Florida: pp. 417, Verlage Chemie

- ❖ Halo, I. F. (2004). *Caracterização Biogeoquímica do fluxo de nutrientes, em relação aos processos oceanográficos no Estuário do Rio Incomati durante a estação seca*, Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Ciências, Departamento de Física, Tese de licenciatura.
- ❖ INAHINA (2015). Tabela de marés, Quelimane, Moçambique: pp. 87.
- ❖ Libes M (1999) *An Introduction to marine Biogeochemistry*, USA.
- ❖ Mchang, I. S, Tsuchiya. M. (2007). *Nutrient dynamics in mangrove crab burrow sediments subjected to anthropogenic input*, *Journal of Sea Research*: pp. 59,103 – 113.
- ❖ Monteiro, L.H.U. (2005). *Estudo das áreas de mangues entre os estados Piauí e Pernambuco com um enfoque para o estado do Ceará nos anos de 1978 e 1999/2004 utilizando sensoriamento remoto*. Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- ❖ Nhamposse. Sevene Alberto Acácio. (2016) *Estuda da variacao do fluxo de amónio, nitrato e fosfato nos canais de mangal de vegetação densa e menos densa no estuário dos Bons Sinais* Quelimane:s.n.
- ❖ Nataniel, A. N, (2010). *Nitrate and Phosphate fluxes between the Bons Sinais Estuary and the adjacent mangrove forest*, Master in Chemical Oceanography, UNIVERSITY OF BERGEN Geophysical Institute.
- ❖ Samiento, J. L., Gruber, N. (2006). *Ocean biogeochemical dynamics*. Oxiford, UK.
- ❖ Sánchez-Carrilo, S. S.-A.-L. (2009). *Nutrient fluxes in a semi-arid microtidal mangrove wetland in the Gulf of California*. California: Coastal and Shelf Science.
- ❖ Silva (2007). *Biogeoquímica dos nutrientes inorgânicos dissolvidos e biomassa fitoplanctônica no estuário do rio*. Ilheus-BA.
- ❖ Silva, A. (2011). *Características Hidrográficas do Estuário da Beira, Moçambique*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- ❖ Tappin, A. D. (2002) *An Examination of the Fluxes of Nitrogen and Phosphorus in Temperate and Tropical Estuaries: Current Estimates and Uncertainties*. Estuarine, Coastal and Shelf Science.
- ❖ Valeila, I, (1995). *Marine ecological processes*. Now York.
- ❖ Wiley, Martin. (1976) *Estuarine Processes I*. New York: p 67- 69.
- ❖ Rodella, A.A. (1994) & Alcarde, J.C. *Avaliação de materiais orgânicos empregados como fertilizantes*. Sci. Agric.

## 9. Anexos

### Anexos 1

#### Alguns Instrumentos usados durante a medição dos parâmetros no canal e análises de água no laboratório

A realização dessa pesquisa foi possível com auxílio de instrumentos como marégrafo, correntometro, Fotómetro portátil (Multidirect -7), estufa, garrafas plásticas de 500 ml, papéis de filtro, Filtro de Whatman (110 mm de porosidade), e reagentes.



**Tabela.1** ilustra alguns instrumentos usados durante a coleta de dados e análises laboratoriais onde ilustra: **a.** Estufa, **b.** correntometro, **c.** Fotómetro e a imagem em **d.** marégrafo.

A estufa foi usada para análise de matéria orgânica dissolvida, o correntometro foi usado para determinar os parâmetros físico-químicos, o fotómetro foi usado para análise das concentrações de nutrientes na coluna de água, e o marégrafo foi fundamental na medição do nível de maré.



## Anexos 2

**Tabela.2** abaixo ilustra as médias de alguns parâmetros mensurados no canal em função do tempo durante o verão e o inverno no canal.

Hora	Temperatura da Água (°C)		Salinidade da Água (‰)		Oxigênio Dissolvido (mg/L)		Matéria Orgânica Dissolvida (mg/L)		Altura das Marés (m)	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
6:00	30.4	23.5	36.8	20.1	5.96	5.8	3.9	3.9	2.54	1.49
7:00	29.9	23.3	36.9	19.6	5.51	5.7	3.19	4.2	1.93	1.27
8:00	29.7	23.2	36.9	19.6	4.96	5.7	3.99	4.3	1.16	0.96
9:00	29.3	23.1	37.0	19.2	4.06	5.4	3.5	5.8	0.52	0.38
10:00	29.6	23.1	37.0	18.6	3.80	5.1	5.98	5.25	0.09	0.06
11:00	29.8	23.3	37.0	18.5	5.37	5.1	2.6	6.9	0.13	0.26
12:00	31.4	24.7	37.1	20.2	6.49	6.4	2.98	3.8	0.96	0.97
13:00	31.6	25.3	37.5	19.9	6.33	6.5	2.99	5.6	1.97	1.94
14:00	31.4	24.9	37.7	21.3	6.20	6.5	3.11	4.9	3.01	2.93
15:00	30.9	24.8	37.6	22.1	6.26	6.6	2.99	3.2	3.77	3.59
16:00	30.5	24.9	37.8	23.1	6.37	6.7	3.5	2.9	4.00	3.73
17:00	30.4	-	38.0	-	6.45	-	1.9	-	3.78	-
18:00	30.6	-	38.5	-	6.44	-	2.1	-	3.25	-
Média	30.4	24.01	37.3	20.2	5.7	5.9	3.2	4.6	2.09	1.60
Mínimo	29.3	23.1	36.8	18.5	3.8	5.1	1.9	2.9	0.09	0.06
Máximo	31.6	25.3	38.5	23.1	6.45	5.7	5.98	6.9	4.00	3.73
STDV	0.74	0.89	0.52	1.43	0.92	0.60	1.01	1.20	1.42	1.30

### Anexo 3

**Tabela.3.** Balanço de Amónio, Fosfato e Nitrato em função do ciclo de marés entre o estuário e o canal durante as estações.

<b>Estação</b>	<b>Nutrientes</b>	<b>Fluxo na vazante (g/s) Saída para o estuário</b>	<b>Fluxo na enchente (g/s) Entrada para o canal</b>	<b>Balanço (g/s)</b>
Verão	Amónio	-108.1	+ 242.8	+ 134.7
	Fosfato	- 66.2	+ 73	+ 6.8
	Nitrato	- 325	+ 449	+ 124
<b>Subtotal 1</b>		<b>- 499.3</b>	<b>+764.8</b>	<b>+ 265.5</b>
Inverno	Amónio	- 99.4	+ 279.5	+ 180.1
	Fosfato	- 63.4	+ 262.3	+ 198.9
	Nitrato	- 360	+ 794	+ 434
<b>Subtotal 2</b>		<b>-522.8</b>	<b>+1336.1</b>	<b>+ 813.3</b>
<b>Subtotal 1+ Subtotal 2</b>				
<b>Verão + Inverno</b>		<b>- 1022.1</b>	<b>+ 2100.9</b>	<b>+ 1.078</b>