



Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Monografia para obtenção de Grau de Licenciatura em Oceanografia

Análise de padrão do vento e sua relação com possibilidade de promover ressurgência (Upwelling) na Costa de Pemba, Cabo Delgado, Norte de Moçambique

Autor:

Geraldo Tomás Neves



Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Análise de padrão do vento e sua relação com possibilidade de promover ressurgência (Upwelling) na Costa de Pemba, Cabo Delgado, Norte de Moçambique

Autor

Geraldo Tomás Neves

Supervisão

Professor Catedrático António Mubango Hogueane

Quelimane, Outubro 2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela protecção quotidiana e pela saúde mental concedida durante o curso e para o sucesso deste trabalho. Aos meus pais, Tomás Neves e Irene Bernardo Tamele, pelo esforço e amor, pela paciência e confiança depositado até hoje.

Aos meus irmãos, Olga Neves, Horácio Neves, Ilda Neves e Elton Neves, e minhas sobrinhas, Dércia, Ireninha e Neyde, deram todo o caldeio da minha personalidade;

Ao Professor Catedrático António Mubango Hoguane, obrigado pela oportunidade de crescimento, aprendizado e visão, deposito profundamente respeito e admiração. Ao PhD. Fialho Nehama pela facilitação e ensinamento no processamento das imagens da Orbitais, e ao Mestre Hélder Arlindo Machaieie pelo grande auxílio no entendimento dos códigos.

Aos colegas e amigos da ESCMC, especial ao Edson Focheiro, Cheila Hamido, Adelino Nhaca, Benigna Manjone, Gilberto Balide, Kenet Muchanga, pela tolerância, companhia e lazeres, paciência e compreensão durante o curso e para o sucesso deste trabalho.

Aos meus tios, especial a tia Carolina, ao cunhado Benedito Langa, pela intervenção directa nos momentos extremos que necessitei;

Á mamã Graça Cardoso, pela paciência, tolerância e ensinamentos, e a todos que em sua casa residiram em Quelimane;

A todos que fizeram e fazem parte da Igreja Presbiteriana de Moçambique-Quelimane, em especial a Juventude, e nesta a inestimável e calorosa amizade do João Gumende, Américo Nhassengo, Batista Guiamba, Norda, Chavernancio, Eurico Cuinica e José Cuinica Júnior;

Ao caríssimo amigo Samuel do Santos, ao grupo Horeb's Voice, especial ao Arcanjo Tamele (primo), Dércio Guambe, Manuel Nhamucha, Egídio Banze pelos incentivos, amizade e irmandades;

Pela paciência, companheirismo, cumplicidade, incentivos e muito mais, gratifico a minha amada *Saquina Job Cossa*, e grande presente, *o pequeno Sagney*, dedico a nós amor eterno.

Á todos, imensa Gratidão

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a família Neves e Tamele;

Tomás Neves

Irene Bernardo Tamele

Olga, Horácio, Ilda, Elton

Sagney Geraldo Neves

Espero ter sido merecedor da confiança em mim depositado.

DECLARAÇÃO DE HONRA

Juro por minha honra que o presente trabalho intitulado é *Análise de padrão do vento e sua relação com possibilidade de promover ressurgência (Upwelling) na Costa de Pemba, Cabo Delgado, Norte de Moçambique*, foi elaborado por mim sobre orientação do Professor Antonio Mubango Hogueane. O seu conteúdo é original e fi-lo com recurso a metodologia apresentada ao longo do mesmo, respeitando as orientações estabelecidas no regulamento do trabalho de licenciatura da Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras.

O Autor

Geraldo Tomás Neves

O Supervisor

Professor António Mubango Hogueane

ABSTRACT

This dissertation analyzes the wind model data of the years 1980-1985, 1991-1998 and 2001-2005 (intensity and direction) of the meteorological station of Pemba after converted for winds components, Southern (V) and Zonal (U) uses the possible position to promote coastal upwelling by the Ekman transport theory and relates to the variability of the time series of temperature and chlorophyll-a to the sea surface, average data of eight days, extracted from the images generated by the MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) aboard NASA's Aqua satellite, July 2002 to December 2007, processed and examined using the Matlab2009

Wind model showed that in the months August to November are dominates North quadrant winds (Southern component, appropriate to examine the possibility for occurring coast upwelling), winter season transition period for summer (August and September) and intensify in the months from October to November (summer), and lower intensities of Zonal component. The Southern component's ability to transport water by Ekman Transport Parameter was in the approximate range around 340 at 620 kg / (m³/s).

There is a relationship between time series of wind, Sea Surface Temperature and Chlorophyll-a, so in periods where the Sea Surface Temperature was high, the concentration levels of Chlorophyll-a was low and the wind component V was weak and hence lower mass transit, contrasting when has low Sea Surface Temperature, higher levels of chlorophyll-a concentration and wind of North quadrant is strong. Therefore, without taking into account the characterization of the line and topography of the coast background format, the wind pattern is favorable for occurring Pemba coast upwelling.

Keywords: *Wind pattern, Sea Surface Temperature and Chlorophyll-a, Upwelling*

RESUMO

O presente trabalho visa analisar o padrão do vento através dos dados de anos 1980-1985, 1991-1998 e 2001-2005 (intensidade e direção) da estação meteorológica de Pemba após convertido para componentes Meridional (V) e Zonal (U), associa às possíveis condições de promover ressurgência costeira pela teoria do transporte de Ekman e relaciona com a variabilidade da série temporal da Temperatura e Clorofila-a à superfície do mar, dados médios de oito dias, extraídos das imagens geradas pelo sensor MODIS a bordo do satélite *Aqua* da NASA, de Julho de 2002 a Dezembro de 2007, processado e analisados através do programa Matlab2009

Padrões do vento mostraram que nos meses Agosto a Novembro são os períodos que predominam ventos do quadrante Norte pois a Componente Meridional é negativa (adequada para analisar a possibilidade da ocorrência de ressurgência), período de transição de estação de inverno para verão (Agosto e Setembro) e intensificam nos meses de Outubro a Novembro (verão), e menores intensidades da componente Zonal. A capacidade da componente Meridional para transportar água pelo Parâmetro de Transporte de Ekman foi no intervalo aproximado de 340 a 620 Kg/(m³/s).

Existe relação entre as séries temporais de vento, Temperatura Superficial do Mar e Clorofila-a, pois em períodos em que a Temperatura Superficial do Mar é alta, os níveis de concentração da Clorofila-a são baixos e a componente V está fraca e conseqüentemente menor transporte de massa, contrariamente quando a Temperatura Superficial do Mar baixa, maiores são os níveis de concentração da Clorofila-a e o vento do quadrante Norte intenso. Portanto, sem considerar a caracterização do formato da linha e topografia do fundo da costa, o padrão do vento é favorável para ocorrência de ressurgência na costa de Pemba.

Palavras-chave: *Padrão de vento, Temperatura e Clorofila-a à Superfície do Mar, Ressurgência*

LISTAS DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1: *Modelo do transporte de massa de água na camada de Ekman;*

Figura 2: *Localização da área de Estudo;*

Figura 3: *Ilustração gráfica da dedução da direcções do vento a componentes de vento.*

Figura 4: *Variação das Componentes do vento durante os anos 1980 a 1985;*

Figura 5: *Variação do Parâmetro do Transporte de Ekman entre os anos 1980 a 1985;*

Figura 6: *Variação das Componentes do vento (U e V) entre 1992 a 1998;*

Figura 7: *Variação do parâmetro de transporte de Ekman de 1992 a 1998;*

Figura 8: *Variação das Componentes do vento (U e V) 2001 a 2005;*

Figura 9: *Variação do parâmetro de Transporte de Ekman mensal de 2001 a 2005;*

Figuras 10: *Variabilidade da Mensal das Componentes do vento;*

Figuras 11: *Variabilidade da Mensal da Temperatura Superficial Mar;*

Figura 12: *Variabilidade da Mensal da Clorofila;*

Tabela 1: *Distribuição da direcção do vento em relação aos graus correspondentes.*

Listas de equações

Equação 1 – Equação geral do Equilíbrio das forças;

Equação 2 – Equações de Ekman;

Equação 3 – Componentes da tensão do vento nas direcções x , y ;

Equação 4 – Solução das equações de Ekman;

Equação 5 – Solução das equações de Ekman para superfície;

Equação 6 – Equação da profundidade da camada de Ekman;

Equação 7 – Equações do transporte na camada de Ekman;

Equação 8 e 9 – Equações para conversão à componentes de ventos, Meridional e Zonal, respectivamente;

Equação 10 – Equação do Parâmetro de transporte de Ekman.

Índice	Pág.
1. Introdução	3
1.1. Justificativa.....	4
1.2. Hipótese	4
2. Objectivos	5
2.1. Geral	5
2.2. Específicos	5
3. Revisão da Literatura	6
3.1. Circulação Atmosférica.....	6
3.2. Ressurgência Costeira devido o Vento	6
3.3. Sensoriamento remoto na Oceanografia	8
3.4. Temperatura Superficial do Mar.....	9
3.5. Distribuição da Clorofila no mar	10
4. Metodologia.....	11
4.1. Área de estudo	11
4.2. Aquisição e Tratamento de dados do vento	12
4.3. Conversão do padrão (direção e intensidade) do vento em Componentes: Zonal (U) e Meridional (V)	12
4.4. Cálculo do Parâmetro de Transporte de Ekman (PTE) (M_x)	14
4.5. Temperatura e Clorofila à superfície do mar	14
5. Resultado.....	16
5.1. Variação das componentes do vento e o Parâmetro de Transporte de Ekman (PTE) de 1980 a 1985.....	16
5.2. Variação das componentes do vento e Parâmetro de transporte de Ekman de 1992 a 1998. ...	17
5.3. Variação das componentes do vento e Parâmetro de transporte de Ekman de 2001 a 2005	19

6. Relação entre as séries temporais da Componente Meridional, Temperatura Superficial do Mar e Clorofila-a	20
7. Discussão.....	22
8. Conclusão e Recomendações	24
9. Referências Bibliográficas	25
10. Anexos	27
10.1. Comandos para Leitura das imagens e extracção dos dados da TSM e Clorofila	27
10.2. Tratamento de dados extraídos e produção de gráficos da TSM e Clorofila	28

1. Introdução

A interação entre o oceano e a atmosfera é a responsável pela formação de centros de baixa e alta pressão sobre o oceano e os continentes, estes centros, por sua vez, originam os padrões (direção e intensidade) de vento que podem ser observados no globo terrestre (Lutgens e Tarbuck, 2004). Assim qualquer variação no campo de pressão local ou global acarreta influencia nos padrões de vento local e global.

A ressurgência costeira é um dos indicadores do retorno da circulação oceânica á actuação do vento que transporta as águas superficiais e promove ascendência das mesmas junto à costa, qualificando assim o transporte descrito pela teoria de Ekman (Mann e Lazier, 2006).

As zonas ressurgências representam menos de uma décima da superfície total dos oceanos para além de contribuir com a metade da quantidade do pescado no mundo (Rodrigues, 1973 citado por Carvalho et al, 2003), pois actuam sobre os exclusivos mecanismos ecológicos de produção e intensifica a produtividade biológica localmente (Mesquita et al, 1989).

Ocorre em grande escala na margem ocidental dos continentes, principalmente nas costas do Peru, Oregon, Benguela e Maurítânia coincidindo com regiões dos ventos alísios, onde os ventos sopram fortes e constantes (Mann e Lazier, 2006), porém vários autores (Gammelsrod e Hogueane, 1992, Jorge da Silva 1984, Nehring, 1984, Jorge da Silva, 1983) apontam a ocorrência de Upwelling em algumas regiões da Zona Economica Exclusiva da República de Moçambique.

Na zona Norte de Moçambique, a área em torno de Angoche sinalizou a possibilidade de ocorrência de ressurgência costeira e, em parte, impulsinada pelo acção do vento relacionado com as análises das imagens orbitais da temperatura da superfície do mar e da clorofila (Malauene, 2010).

Tendo em vista que a actuação do vento interfere directa ou indirectamente na processos oceânicos, o objectivo principal do presente trabalho é analisar o padrão do vento através das suas componentes, Zonal (U) e Meridional (V), associá-los às possíveis condições de promover ressurgência costeira através do parâmetro de transporte de Ekman e relacionar com a variação da TSM e Clorofila-a.

1.1. Justificativa

O vento é o factor importante para promover ressurgências na zona costeira, portanto a identificação de períodos em que este toma direcções e intensidades propícias para o transporte de massas de água superficial é muito relevante, pois subsidiará mais uma vez na compreensão da interacção entre processos oceano-atmosfera, poderá contribuir para uma melhor gestão na disponibilidade dos recursos pesqueiros na Costa de Pemba assim como pode ajudar na previsão da sua distribuição, e Temperatura Superficial Mar (TSM) é a variável física mais importante do mar que actua como indicador de distribuição de grande variedade de parâmetros biológicos (Clorofia-a) e é como resposta da actuação dos ventos locais à possível ocorrência de ressurgência.

1.2. Hipótese

No canal de Moçambique, sobretudo na zona Norte, a direcção do vento que possivelmente promoveria ressurgência costeira pela teoria de Ekman, é de Norte para Sul ou quadrante do Norte,entretanto, este trabalho tem como hipótese de investigação: O padrão do vento de Pemba favorece a ocorrência de ressurgência costeira e é coerente às variações da Temperatura e Clorofila à superfície do mar.

2. Objectivos

2.1. Geral

- Analisar o padrão do vento e sua relação com possibilidade de promover ressurgência na costa de Pemba, Província de Cabo Delgado, Norte de Moçambique.

2.2. Específicos

- Identificar o período do ano que a direcção do vento favorece para ocorrência de ressurgência;
- Estimar a capacidade do vento para promover ressurgência costeira através do parâmetro de transporte de Ekman;
- Relacionar a variação da direcção do vento, do parâmetro de transporte de Ekman com as variações da Temperatura e Clorofila Superficial do mar da Costa de Pemba.

3. Revisão da Literatura

3.1. Circulação Atmosférica

A superfície da terra apresenta centros de pressão (alta e baixa) intercalados, próximo ao equador, a subdivisão ascendente da célula de Hadley relaciona-se a uma zona de baixa pressão equatorial onde ocorre a convergência dos ventos alísios, a Zona de Convergência Intertropical. (Lutgens e Tarbuck, 2004). Causado pela migração sazonal do centro de alta pressão em torno de 20° e 30° de latitude, as altas subtropicais são de extrema importância para o clima nas regiões em volta (Bastos e Ferreira, 2000).

O regime de ventos de Moçambique é principalmente influenciado pela circulação atmosférica da África Meridional que por sua vez está condicionada por vários centros de acção (Sueia, 2007).

A região da zona norte de Moçambique é caracterizada por baixas pressões equatoriais com ventos influenciados por regime de monções de Nordeste durante o verão e de Sudoeste durante o inverno (Hogwane e Pereira, 2003). A norte do rio Zambeze e zona de circulação anticiclónica subtropical, a sul do rio Zambeze. No norte de Sofala e ao longo do rio Zambeze encontra-se a zona de transição (Sætre, Paula e Silva, 1979).

3.2. Ressurgência Costeira devido o Vento

O movimento das massas de água em relação ao vento, explica-se a partir da expedição de Fridtjof Nansen que verificou a movimentação do gelo à superfície do Ártico de 20° a 40° para a direita da direcção do vento que soprava à superfície (Thurman, 1999).

Considerou que três forças deveriam ser importantes na interação do vento juntamente com a rotação da terra sendo elas: Tensão do Vento (**W**), Fricção (**F**) e Força de Coriolis (**C**). E que estas deveriam ser perpendicular à velocidade do vento com as demais em equilíbrio:

$$\mathbf{W} + \mathbf{F} + \mathbf{C} = 0; \quad (\text{Equação 1})$$

No entanto, Ekman desenvolveu um modelo que se baseia simplesmente no balanço entre a força de Coriolis e as forças de atrito vertical resultantes da tensão do vento à superfície. Entretanto as equações horizontais do movimento tomaram a seguinte forma:

$$0 = fv + A_z \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad \text{e} \quad 0 = -fu + A_z \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}; \quad (\text{Equação 2})$$

em que considerou constante o coeficiente de viscosidade turbulenta

$$T_x = \rho A_z \frac{\partial u}{\partial z} \quad \text{e} \quad T_y = \rho A_z \frac{\partial v}{\partial z} \quad (\text{Equação 3}),$$

Onde: T_x e T_y são componentes da tensão do vento nas direcções x , y .

As equações anteriores (2) têm as seguintes soluções:

$$u_E = v_0 \exp(az) \sin\left(\frac{\pi}{4} - az\right) \quad \text{e} \quad v_E = v_0 \exp(az) \cos\left(\frac{\pi}{4} - az\right); \quad (\text{Equação 4})$$

Quando o vento sopra para norte ($T = T_y$), são constantes $v_0 = \frac{T}{\sqrt{\rho^2 f A_z}}$ e $a = \sqrt{\frac{f}{2A_z}}$.

À superfície $z = 0$ e $\exp(0) = 1$, temos então:

$$u_E(0) = v_0 \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) \quad \text{e} \quad v_E(0) = v_0 \sin\left(\frac{\pi}{4}\right); \quad (\text{Equação 5})$$

A energia transmitida pelo vento é passada através da coluna de água, com as sucessivas camadas de água a serem postas em movimento com velocidades inferiores e direcção para a direita da camada anterior.

A uma determinada profundidade o momento imposto pelo vento à camada superficial atinge o valor nulo, e não teremos movimento como resultado do vento à superfície. Esta profundidade designa-se por profundidade de influência do atrito do vento ou de profundidade da camada de Ekman. À profundidade da camada de Ekman (D_E), o vector velocidade tem uma magnitude de $e^{-\pi} = 0.04$ o valor à superfície (Mann and Lazier, 2006).

$$D_E = \sqrt{\frac{2\pi^2 A_z}{f}}; \quad (\text{Equação 6})$$

A integrando as equações de Ekman e D_E conduz às equações do transporte na camada de Ekman:

$$M_x = \int_{D_E}^0 \rho u dz = \frac{T_y}{f} \quad \text{e} \quad M_y = \int_{D_E}^0 \rho v dz = \frac{T_x}{f}; \quad (\text{Equação 7})$$

São úteis para análises dos parâmetros físicos, químicos e biológicos dos oceanos, como temperatura, clorofila a superfície do mar, caracterização das ondas de um modo bidimensional e ou sinótico.

Existem vários sensores ligados a satélites artificiais que são usados para estudos da terra, atmosfera e oceano. Um deles é o sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), um instrumento chave acoplado aos satélites artificiais Terra (EOS AM) e Aqua (EOS PM) da NASA.

Apresenta, inúmeras características, dentre a ampla cobertura espacial e espectral, sequência nas tomadas de medidas nas regiões espectrais, que já estão sendo estimadas por outros satélites, vindo a complementar as informações, adquiridas por estes.

O MODIS possui umas características de alta repetitividade, resolução espacial moderada e boa qualidade geométrica e radiométrica fazendo uma cobertura com uma largura de 2330 Km, usa passagens lineares dos sensores de modo a escanar várias linhas em paralelo. Em cada canal do infravermelho existem 10 sensores em linha, providenciando, deste modo uma resolução espacial de 1.0 Km e juntos escanam um comprimento de cerca de 10 km numa direcção numa taxa de 40.6 registos por minuto, produzindo, deste modo 406 linhas registadas por minuto.

A ampla cobertura espacial permite ao sensor, juntamente com outros como Multi-angle Imaging Spectro Radiometer (MISR) e o Cloud and Earth's Radiant Energy System (CERES) determinam o impacto das nuvens e aerossóis no balanço energético da Terra (Strahler et al, 1999).

3.4. Temperatura Superficial do Mar

A Temperatura Superficial do Mar é a principal variável oceânica que interfere nas condições atmosféricas em várias áreas, a sua previsão da variabilidade associada oceano-atmosfera deve sempre ser limitada pela habilidade de se prever (Murtugudde et al.1996), pois, a temperatura da água influencia em processos físicos, químicos e biológicos no mar, como também constitui um dos principais factores abióticos que influencia na distribuição das espécies marinhas (Lalli e Persons, 1997).

As variações da TSM detectadas através das imagens infravermelhas do oceano, obtidas por satélites, possibilitam a identificação de diferentes processos, como correntes marinhas, frentes oceânicas, eventos de ressurgência, processos de mistura nas águas costeiras, pois as superfícies emitem

radiações cuja a sua força depende da temperatura da superfície em que a sua obtenção necessita de uma consideração cuidadosa de todas as variáveis que afectam a absorção e emissão atmosférica, (Kampel, 2002)

Análises da ressurgência costeira baseada na distribuição espaço-temporal de dados extraídas pelas imagens de satélite da TSM e estes mostraram que o vento foi a variável que permitiu uma observação das fases de desenvolvimento de ressurgência na costa do Sudoeste do México e América central (Silva e Valdenegro, 2003)

A variabilidade da tensão superficial do vento e da TSM, estimado por satélites, conclui que o vento da superfície esta correlacionado com os gradientes de TSM ao longo da costa do Cabo Frio (Casteleão, 2012)

A região norte de Moçambique é caracterizado por temperaturas quentes da superfície do mar aproximadamente a 28 °C (Sætre et al. 1984).

3.5. Distribuição da Clorofila no mar

Análises da distribuição da concentração de clorofila na água do mar possibilitam a estimativa de abundância da comunidade planctónica pois esse pigmento encontra-se presente em todas as células de fitoplankton (Sousa, 2005), os seus dados são usados como indicadores principais da produção biológica em ambiente marinho após a analisada as variações da temperatura superficial do mar da actuação do vento.

A superfície do canal de Moçambique as suas concentrações médias anuais são relativamente baixas, de 0.3 mg/m³ (Omta et al. 2009). Maiores níveis de concentrações são verificadas proximo da costa, e na plataforma continental do sul tem menor concentrações comparativamente a de Norte com maior níveis na área de Pebane (Nehring et al. 1987).

4. Metodologia

4.1. Área de estudo

Pemba é a capital da província de Cabo Delgado localizado no Sudoeste da província, limitado a Norte com o distrito de Pemba-Metuge, a Sul com o distrito de Mecúfi, a Este com o Oceano Índico e a Oeste com o distrito de Pemba-Metuge. É banhada pelo Oceano Indico numa extensão de 425 quilómetros.

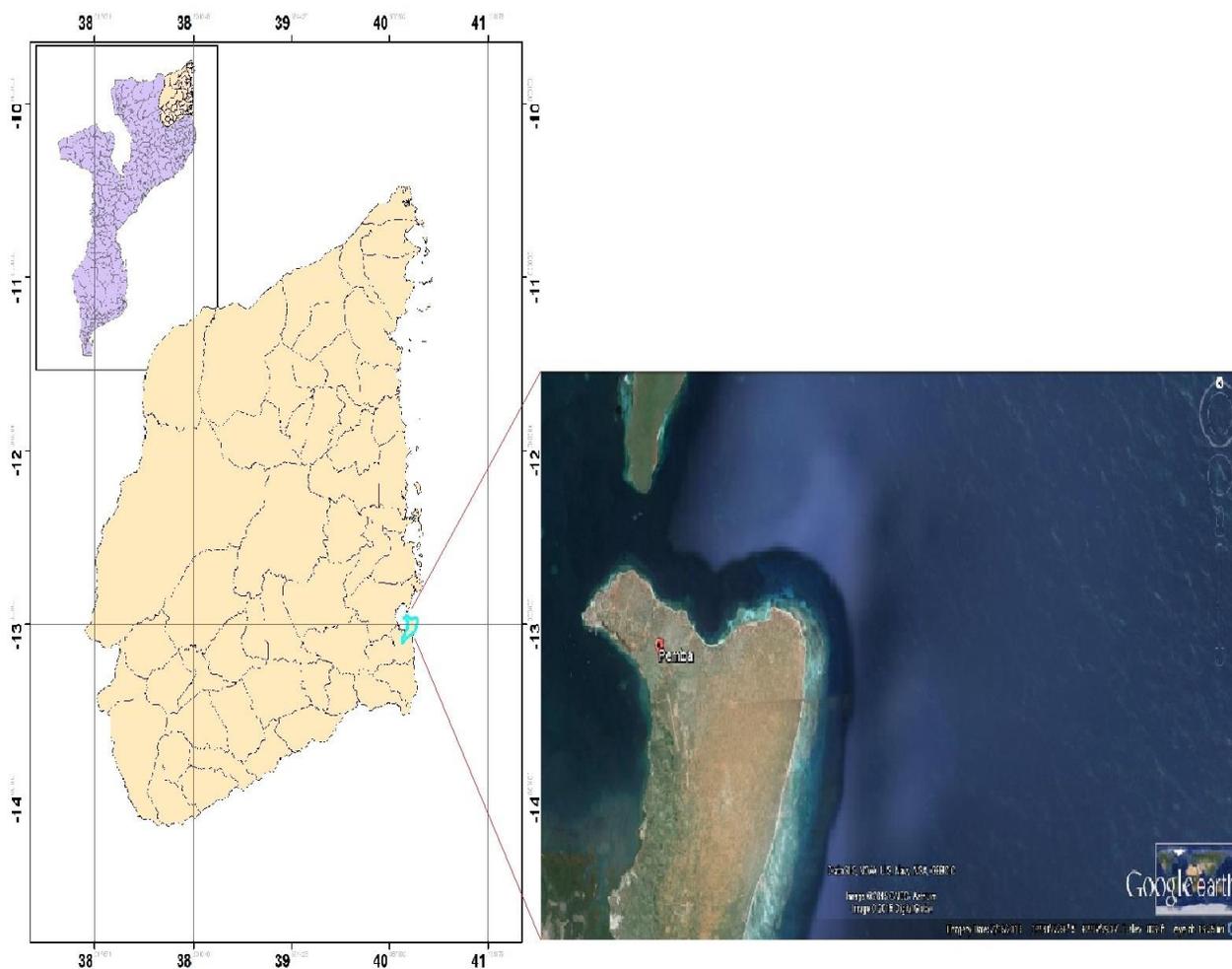


Figura 2: Localização da área em estudo. Fonte: Elaborado pelo autor através da base da divisão administrativa e territorial de Moçambique e imagens de Google Earth

4.2. Aquisição e Tratamento de dados do vento

Os dados do padrão de ventos foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INAM), estação meteorológica de Pemba, tabulados na planilha Excel, dos anos sequenciais: 1980-1985, 1991-1998 e 2001-2005. A inexistência e falha de medições de dados significativos dos demais anos foi a razão que levou ao uso de apenas o intervalo de tempo acima referido.

Os dados foram medidos e registrados diariamente três vezes (09 horas, 15 horas e 21 horas). A direcção do vento estava expressada em termos da direcção da sua proviniência, isto é, em termos do ângulo que o vector da direcção forma com o Norte geográfico local, no entanto, pelo programa Excell2010 foram substituídos respectivos valores em graus (°) em relação a direcção que o vento sopra (Tabela 1), de seguida calculou-se as médias diárias, mensais dos anos e médias anuais da direcção e da velocidade do vento.

Tabela 1. Distribuição da direcção do vento em relação aos correspondentes graus (°).

Direcção	Nordeste	Este	Sudeste	Sul	Sudoeste	Oeste	Noroeste	Norte
Graus (°)	45	90	135	180	225	270	315	360

4.3. Conversão do padrão (direcção e intensidade) do vento em Componentes: Zonal (U) e Meridional (V)

As direcções e intensidades do vento foram convertidos para as componentes do ventos, Zonal (U) e Meridional (V), estes dão a velocidade de vento Este-Oeste e Norte-Sul em relação a direcção para onde sopram, respectivamente, sendo que valores positivos de U referem-se a direcção de vento para Este e valores positivos de V referem-se a direcção de vento para Norte.

Para a conversão das componentes do ventos utilizou-se deduções trigonométricas básicas que explica-se a partir do esquema abaixo:

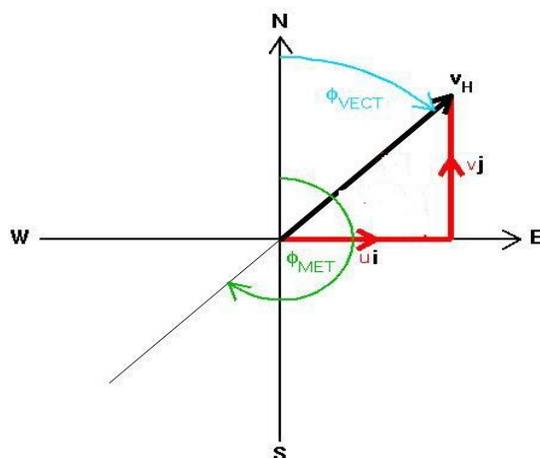


Figura 3. Ilustração gráfica da dedução da direcções do vento a componentes de vento.

V_H representa o vector de vento horizontal, U_i e V_j representam vector unitário para Leste e Norte juntamente com os seus componentes, respectivamente,

ϕ_{VECT} é direcção em que o vento está soprando . Ele aumenta no sentido horário a partir do Norte.

ϕ_{MET} é a direcção do vento meteorologia ou a direcção de onde o vento está soprando. É expresso em graus, mas pode ser tanto no intervalo de -180° a $+180^\circ$, ou de 0° a 360° .

Estas deducões resultaram em seguintes fórmulas abaixo:

a) $U = v * \cos \left[\left(\frac{D * \pi}{\pi_{rad}} \right) + \pi \right]$ (equação 7), Componente Zonal

b) $V = v * \sen \left(\left(\frac{D * \pi}{\pi_{rad}} \right) + \pi \right)$ (equação 8), Componente Meridional

Onde:

v - é a velocidade do vento no local de estudo (m/s);

D - é a direcção do vento (graus); $\pi=3, 14$ e $\pi_{rad}=180^\circ$

4.4. Cálculo do Parâmetro de Transporte de Ekman (PTE) (M_x)

Para quantificação da capacidade do vento de promover ressurgência costeira foi usada a fórmula do parâmetro de transporte de Ekman (M_x) baseada no Schwind (1980) para transporte de massa na costa, dada por:

$$M_x = \tau_y / f \quad (\text{equação 9})$$

Onde :

M_x – é o transporte de massa de água (parâmetro de transporte de Ekman) [Kg.s/m^3];

τ_y é força ou tensão do vento ao longo da costa em [Newton], que equivale a $C_D \rho_a V^2$

em que:

$C_D = 1.4 \times 10^{-3}$ é o coeficiente de arrasto de vento;

$\rho_a = 1,4 \text{ kg/m}^3$ é a densidade do ar;

V é a componente vento paralela a costa (Meridional) em [m/s];

$f = 2\Omega \sin(\Phi)$ é o parâmetro de Coriolis;

Φ é a Latitude de Pemba, que é negativa na equação pois a posição global de Moçambique é Hemisfério Sul.

$\Omega = 7.26 \times 10^{-5}$ rad/s velocidade de rotação da Terra;

Nas estimativas para o transporte de Ekman, assume-se que erros de até 20% podem ser encontrados devido somente a imprecisão do valor do coeficiente de arrasto (Large e Pond, 1981).

4.5. Temperatura e Clorofila à superfície do mar

Foram usadas imagens da temperatura da superfície do mar (TSM) e concentração de clorofila da superfície do mar, obtidas pelo sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) para a região costeira de Pemba, delimitados e matrizados entre as latitudes máxima e mínima $12^{\circ}03' \text{ S}$ e $13^{\circ}15' \text{ S}$ e longitudes $41^{\circ}03' \text{ E}$ e $41^{\circ}15' \text{ E}$. O sensor MODIS esta instalado nos satélites TERRA em dezembro de 1999 e AQUA do *Earth Observing System* (EOS) em maio de 2002. As imagens utilizadas são do nível 2 de processamento, apresentam resolução espacial de 1 km e estão disponíveis em <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>. referente ao periodo de Julho de 2002 a Dezembro de 2007.

Esses dados apresentam-se já com erros atmosféricos corrigidos e georeferenciadas. Foram extraídos e processados usando algoritmo criado no Software *Matlab R2009a*.

As imagens do Sensor MODIS (sensor do radiômetro infravermelho) foram usadas para este estudo porque proporciona uma melhor resolução espacial para a resolução de recursos nas áreas costeiras do que um sensor de microondas.

4.6. Relação entre a variação da direcção do vento, parâmetro de transporte de Ekman e variações da Temperatura e Clorofila Superficial do mar

A relação da direcção do vento, parâmetro de transporte de Ekman e variações da Temperatura e Clorofila a Superficial do Mar foi feita através dos dados médios mensais no intervalo de Julho de 2002 a Dezembro de 2005.

5. Resultado

Os resultados para a identificação dos períodos em que a direção do vento favorece a provável ocorrência de ressurgência na costa mostrados através das variações médias mensais das componentes do vento e a quantificação destes ventos para promover transporte de massa de água na costa, ao longo dos anos estabelecidos, são ilustradas nas figuras 4,6,8, e 5, 7, 9, repectivamente.

E os resultados variabilidade da série temporal das Componentes do vento, Zonal e Meridional, Temperatura Superficial do Mar, e da Clorofila-asão ilustrados nas figuras 9, 10 e 11, respectivamente.

5.1. Variação das componentes do vento e o Parâmetro de Transporte de Ekman (PTE) de 1980 a 1985

As figuras 4 e 5 ilustram a variação das componentes do vento e parâmetro de transporte de Ekman, respectivamente, ao longo dos anos 1980 a 1985.

Portanto, durante os meses Janeiro, Fevereiro, Junho e Julho observa-se a ocorrência de ventos de Sul. E de meses Março a Abril, Agosto e Dezembro ventos de Norte, em que estes são mais intensos e maior significância nos meses Outubro e Novembro.

Os ventos de Oeste predominam quase em todos os meses e são mais intensos e significativos nos meses Junho a Agosto.

Na variação do parâmetro de Transporte de Ekman observa-se maiores variações de transporte de massa de água na costa nos meses: Agosto a Dezembro, em que os mais significativos foram observados nos meses Outubro e Novembro.

O transporte de massa para a costa seria observado nos meses Janeiro, Fevereiro, Junho e Julho e nos restantes meses seria no sentido contrario, da costa para o mar a dentro, este através da componente Meridional.

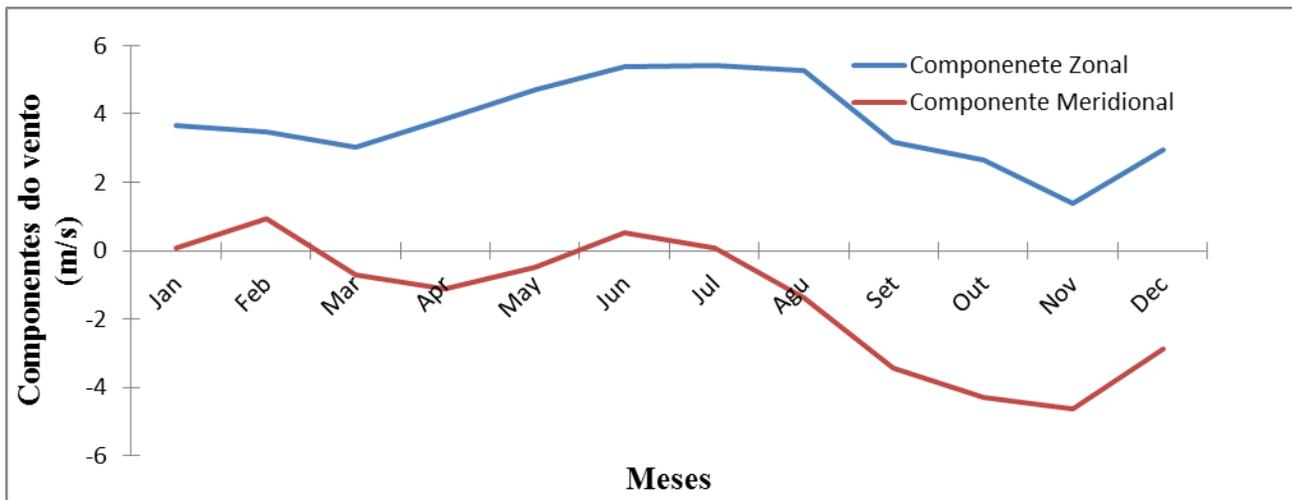


Figura 4. Variação das Componentes do vento durante os anos 1980 a 1985.

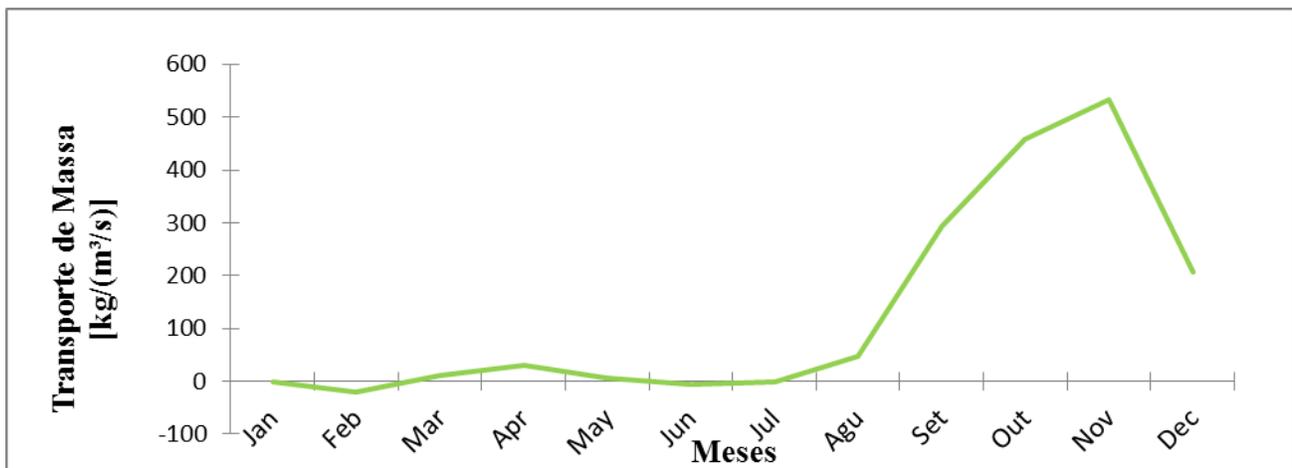


Figura 5. Variação do Parâmetro do Transporte de Ekman entre os anos 1980 a 1985

5.2. Variação das componentes do vento e Parâmetro de transporte de Ekman de 1992 a 1998.

A variação das componentes do vento nos anos 1992 a 1998 é ilustrada na figura 6, onde verifica-se maiores variações do vento Norte e significativos nos meses Outubro e Novembro e nos meses Janeiro e Fevereiro ocorrem as mínimas significâncias variações.

Verifica-se a predominância de ventos de Oeste para os meses de Abril a Setembro.

E a variação do parâmetro de Transporte de Ekman (*figura 7*) é maior e significante apartir dos meses Agostoa Dezembro, em que no Outubro e Novembro são mais intensos e aproximam-se a valores médios de $340 \text{ Kg/m}^3\text{s}^{-1}$. E os menores valores são verificados nos meses Janeiro e Fevereiro mas nos meses Março e Abril tendem a aumentar e volta a diminuir nos meses Maio a Julho.

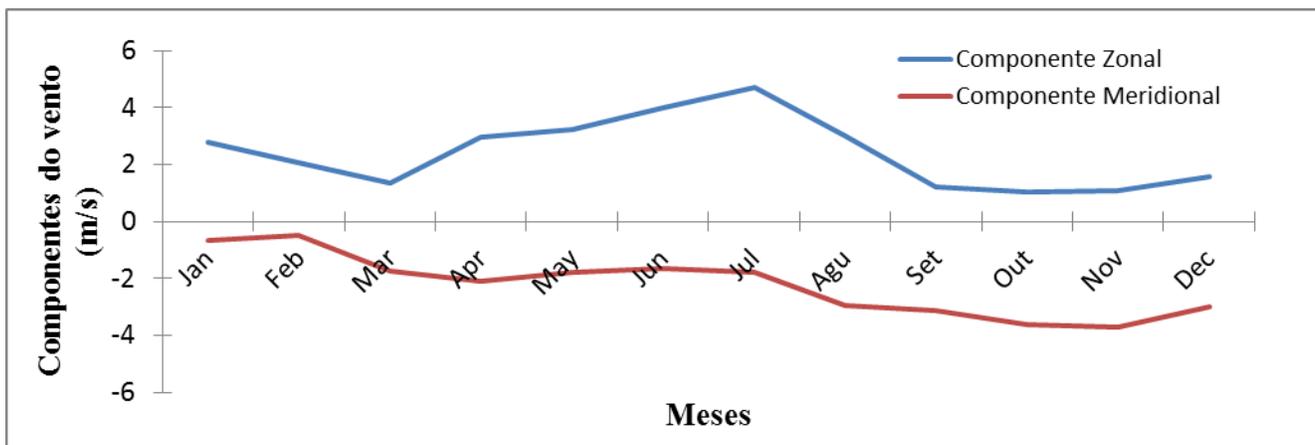


Figura 6. Variação das Componentes do vento (U e V) entre 1992 a 1998

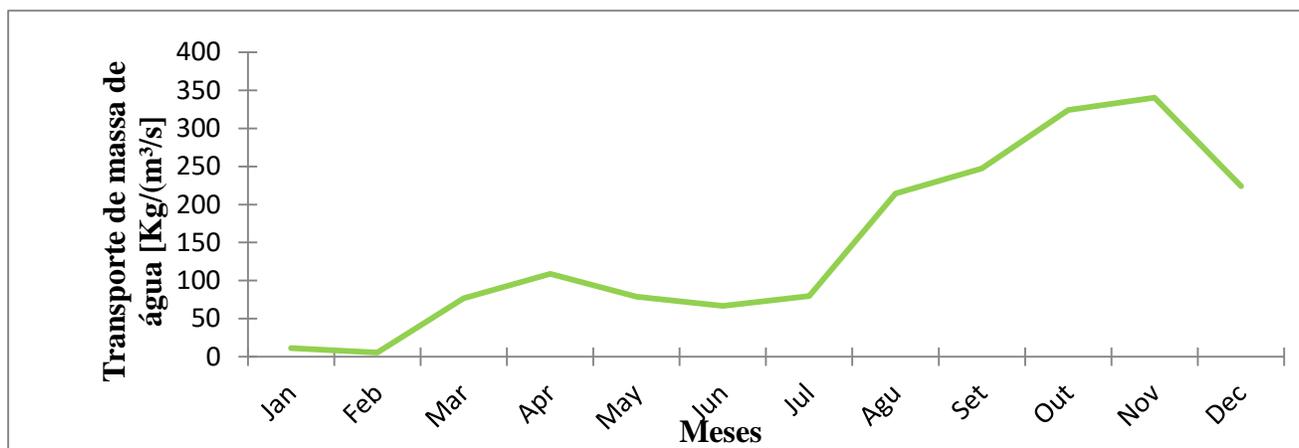


Figura 7. Variação do parâmetro de transporte de Ekman de 1992 a 1998

5.3. Variação das componentes do vento e Parâmetro de transporte de Ekman de 2001 a 2005

Na figura 8 ilustra-se o comportamento das componentes do vento ao longo de 2001 a 2005, onde observou-se a frequência ocorrência de ventos de Oeste nos meses de Janeiro a Outubro, estes foram intensos nos meses Maio a Julho e no mês de Novembro os ventos de Este em menores intensidades.

No entanto, no mês de Janeiro ocorreram ventos de Sul e o restante dos meses ocorreram ventos de Norte e também são mais intensos a partir de Agosto a Novembro. Porém em Dezembro tendem a diminuir a sua intensidade.

A variação do transporte de massa na costa é ilustrada na figura 9, onde menores oscilações de valores são verificados nos primeiros meses (Janeiro a Junho) e aumentam a partir de Julho até atingir os valores máximos nos meses Outubro e Novembro. E tendem a diminuir em Dezembro.

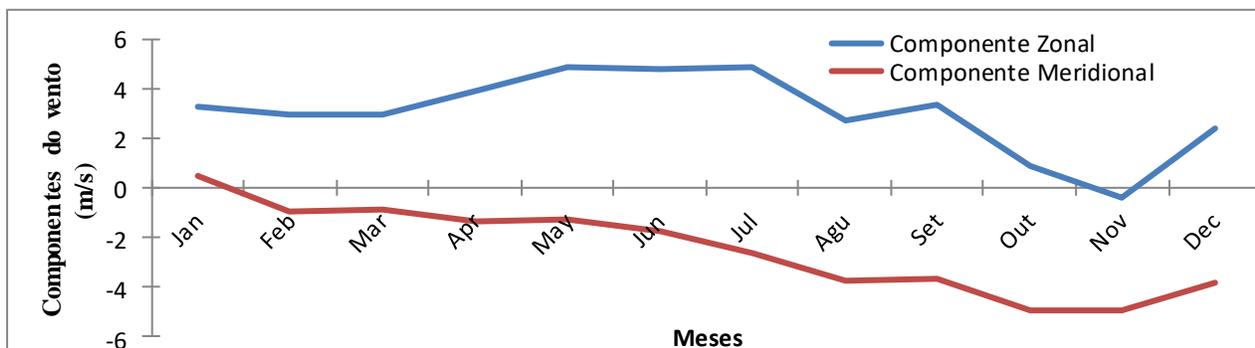


Figura 8. Variação das Componentes do vento (U e V) 2001 a 2005

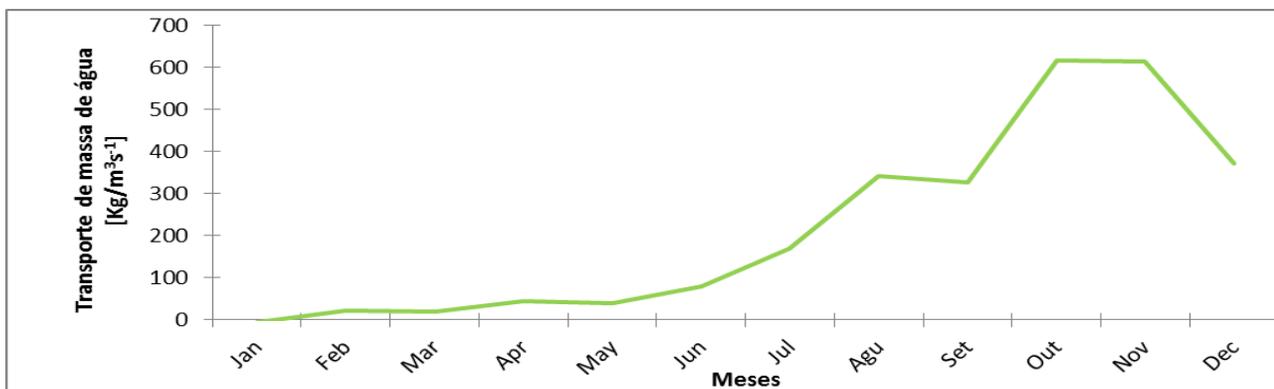


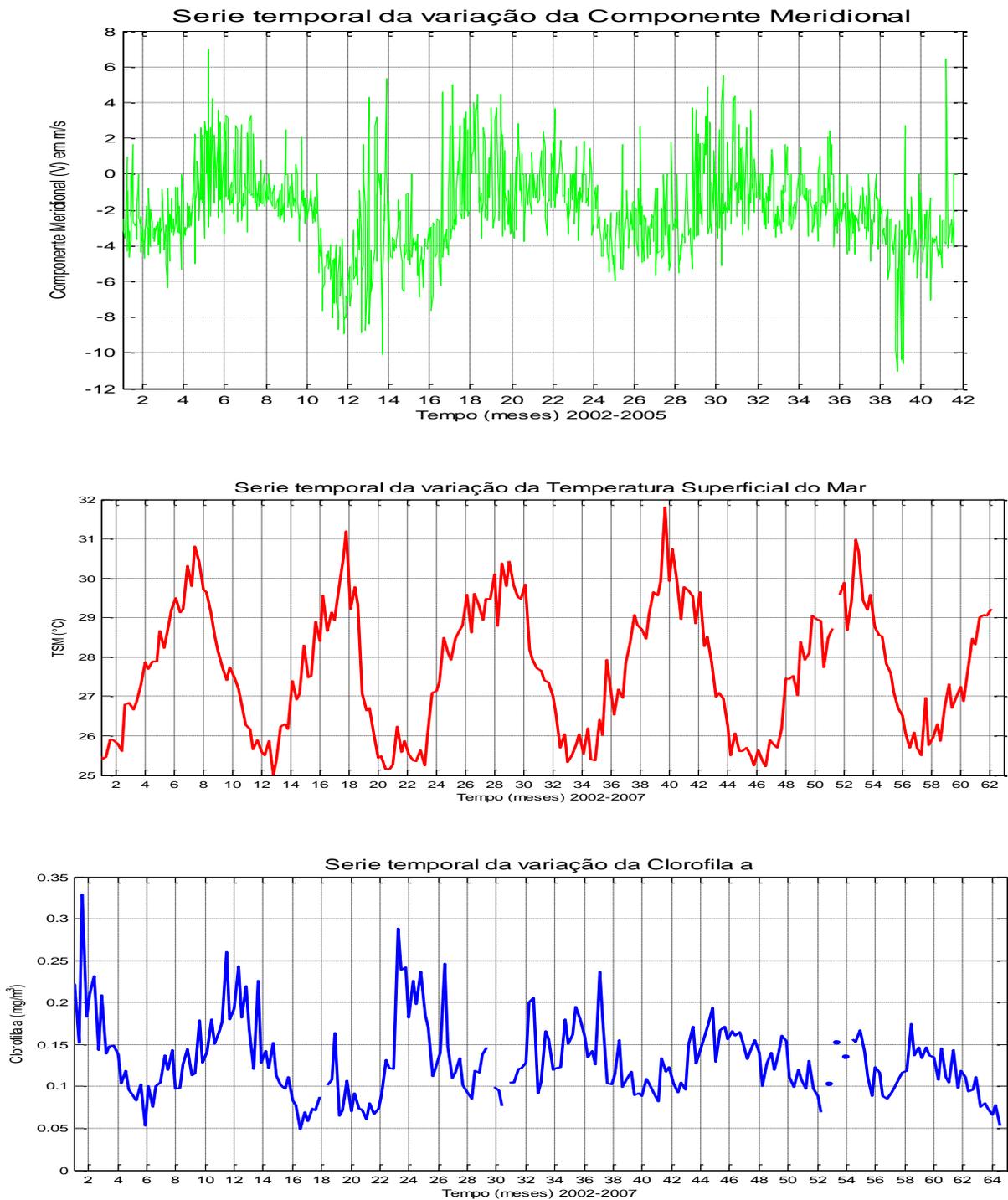
Figura 9. Variação do parâmetro de Transporte de Ekman mensal de 2001 a 2005

6. Relação entre as séries temporais da Componente Meridional, Temperatura Superficial do Mar e Clorofila-a

A figura 10 ilustra a variabilidade da série temporal média mensal da Componente Meridional onde pode-se observar que houve predominância e intenso vento do quadrante Norte em cada ano nos meses de Agosto a Outubro e dos ventos de quadrante Sul nos meses Novembro a Março. E para os restantes meses também predomina, mas menos intenso, vento de quadrante Norte.

Pode-se notar que oscilação da variação da TSM (figura 11) de 5° C, com valores máximos entre os meses Dezembro a Março e pico máximo em Dezembro de 2006, valores mínimos são verificados entre Julho a Outubro e o pico mínimo em Agosto de 2003.

A variabilidade da série temporal da Clorofila-a (figura 12) demonstra o pico máximo de 0.3 mg/m³ em Julho de 2002 e a oscilação da variação esta 0.2 mg/m³ aproximadamente. O periodo de maiores concentrações é entre Julho a Outubro e menores entre Novembro a Abril.



Figuras 10, 11 e 12. Variabilidade Mensal da Componente do vento (V), TSM e Clorofila-a, respectivamente

7. Discussão

Através dos resultados da análise das componentes do vento foi possível verificar que nos meses Agosto a Novembro são os períodos que predomina ventos do quadrante Norte e ventos de Oeste mas em menor intensidades e vice-versa.

De Janeiro a Julho predominam ventos de Oeste, ou por outra, a componente Zonal tem maior influencia em relação a componente Meridional. Este facto pode estar relacionado com o regime de monções do canal de Moçambique que segundo Hogueane (2007), monções de Nordeste e de Sudoeste influenciam na padrão de ventos durante o verão e inverno na zona Norte de Moçambique.

A cidade Pemba é predominada em média por ventos de Sudoeste, Sul e Sudoeste nos meses de Março a Setembro e no meses de Outubro a Fevereiro por ventos Nortes e Estes.

Outubro e Novembro são meses que apresentam maiores valores médios de intensidades e direcções do quadrante Norte e menores ventos de Oeste, entretanto nos meses de Maio a Julho são os que apresentam maiores intensidades de ventos de Oeste e menores de Norte.

O parâmetro de transporte de massa de água na Costa (figura 4,6,8), esta proporcionado á variação da componente Meridional, isto é, proporcionado por ventos de Norte e de Sul, pois pela teoria de Ekman esta é a componente que condicionam o transporte de água na costa de Moçambique.

Segundo os resultados encontrados pelo Carvalho et al (2003), a intensidade do vento associada à componente paralela á costa (V), são os principais factores de remover a água superficial e promover ressurgência junto à costa.

A intensidade do vento na costa de Pemba, segundo os resultado aqui ilustrados é fraca se comparado, por exemplo, com os resultados encontrados por Carvalho et al (2003), para a costa de Cabo Frio, cuja componente Meridional ultrapassa os 7 m/s e é semelhante com a de Norte de Moçambique, que segundo Machaieie (2009), é também favorecida pelo formato da topografia, apesar de existir períodos com direcções de ventos favoráveis á transporte de massa de água na costa.

Valores máximos médios de parâmetro de transporte de Ekman são verificados nos meses Julho a Dezembro e mínimos nos meses Janeiro a Março, isto devido a predominância de intensos ventos de Norte e de Sul, respectivamente, nestes períodos.

Bakun (1973), refere que valores altos do parâmetro de transporte de Ekman estão associados a maior capacidade e probabilidade potencial do vento de promover ressurgência na costa.

Entretanto, um exemplo segundo a fórmula de Pond e Pickard (1983) para uma velocidade de vento de 10 m/s a regiões de 10° de Latitude, transporta água na costa até uma profundidade aproximadamente de 100 metros. E para o caso da costa de Pemba localizada entre as latitude 12° seria transportaria a uma velocidade de 4 m/s a água para aproximadamente 40 metros de profundidade.

A possibilidade da ocorrência de ressurgencia costeira é confirmada através das variação da temperatura e da clorofila-*a* à superfície pois a ressurgência é a resposta do oceano a actuação do vento, entretanto, influencia na variação da temperatura superficial do mar e este é o principal indicador de distribuição de grande variabilidade da clorofila (Garcia, et al, 2004).

Aos observar os resultados da série temporal do vento da componente Meridional, Temperatura e Clorofila à superfície do mar, existe mudanças na similaridade para os outros anos, provavelmente pela influencia da sazonalidade das descargas costeira pois intensificam na variação da concentração da clorofila e TSM na costa (Garcia et al, 2008).

O período da actuação de ventos de monção sazonais que forçam a considerável ocorrência de ressurgência no Norte de Moçambique concluido por Machaieie (2009) e Malauene (2010), está contemplado neste periodo em que os ventos do quadrante Norte condiciona para ocorrência de ressurgência.

8. Conclusão e Recomendações

Apartir dos resultados obtidos pode-se concluir que o período do ano que se tem ventos com direcções favoráveis á ocorrência de ressurgência na costa de Pemba está entre Agosto a Novembro, portanto, no período de transição de estação de inverno para verão (Agosto e Setembro) e intensificam nos meses de Outubro á Novembro (verão).

Naturalmente, através da estimativa pelo parâmetro de transporte de Ekman na capacidade deste vento que possivelmente transportaria a água partir da componente V está entre valores aproximados de 340 a 620 Kg/(m³/s).

Portanto, os resultados sugerem que existe possibilidade de ocorrência de ressurgência costeira sazonal em Pemba, pois, quando há um aumento de temperatura, menores níveis da concentração da Clorofila-a, há também um enfraquecimento nas intensidades da componente do vento (V) e consequentemente menor transporte de massa na costa, e quando a temperatura diminui, maiores níveis da concentração de Clorofila-a, (ressurgência), o vento da quadrante Norte se intensifica.

Este estudo é sobre a possibilidade do vento promover a ressurgência na costa de Pemba, e relaciona com as variações das séries temporais da TSM, todavia não confirma totalmente. Portanto, análises mais profunda como as de correlação do padrão do vento com os dados orbitais e ou em *in situ*, numa periodicidade mais longa, da Temperatura e Clorofila, das capturas das espécies marinhas frequentes e específicas das zonas de ressurgências costeiras, poderia se ter uma confirmação detalhada e absoluta da ocorrência de ascensão de água na costa, juntamente tomar-se em conta o formato da linha e topografia do fundo da local

9. Referências Bibliográficas

- Alvarez, I., M. Gómez-Gesteira, M. De Castro, and E. M. Novoa, (2007). Ekman transport along the Galician Coast calculated from QuikSCAT winds, *Journal of Marine Systems*, **72**, 101–115;
- Bakun, A., Coastal upwelling indices, west coast of North America, 1973, *Tech. Rep. NMFS SSRF-671*, 103 pp., Nat. Oceanic and Atmos. Admin., Seattle, Wash. pag 1946-71;
- Berger, W. H. and Wefer, G. (2002). *On the reconstruction of upwelling history: Namibia upwelling in context*. *Marine Geology*, 180:3_28;
- Carvalho, Gustavo de Araújo; Cabral, Alexandre Pereira & Fernandez, Marcos Antônio dos Santos, (2003), *Correlação entre o campo de vento médio e um índice que define a intensidade da ressurgência na região do cabo frio (23°s / 42°w) através da análise de dados orbitais (quikscat / avhrr)*, Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil;
- Castelao, R. M. (2012) “Sea Surface Temperature and wind stress curl variability near a cape”, *J. Phys. Oceanogr.*, 42, 2073–2087;
- Cushing, D.H., 1969. *Upwelling and fish production*. *FAO Fish. Tech. Paper*, **84**, 40;
- Garcia, C. A., & Garcia, V. M. (2008). Variability of chlorophyll-a from ocean color images in the La Plata continental shelf region. *Continental Shelf Research*, 28(13), 1568-1578;
- Halare, (2012), *Relação entre parâmetros ambientais e distribuição temporal de dois pequenos peixes pelágicos Decapterus russelli e Amblygaster sirmna Baía de Inhambane*, Revista moçambicana de investigação pesqueira ripno. 31 Pp. 2-22;
- Haug, G. H.; Hughen, K. A.; Sigman, D. M.; Peterson, L. C.; Röhl, U. (2001) Southward Migration of the Intertropical Convergence Zone Through the Holocene. *Science*, v.293, p.1304-1308;
- Hogueane, M. António. (2007). *Perfil Diagnóstico da Zona Costeira de Moçambique*. Revista de Gestão Costeira Integra 7 (1):69-82 (2007);
- <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/design.php>
- Kampel, Milton, (2002) Sensoriamento remoto aplicado à oceanografia, INPE-8984-PUD/62;

- Leão, Caroline, (2008) Variabilidade espaço-temporal da concentração de clorofila-a e temperatura da superfície do mar estimadas por satélite na margem continental sudeste brasileira, Disponível em <http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17>;
- Malauene, Bernardino Sérgio, (2010), Mini-dissertation Presented for the Degree of Master of Science Faculty of Science, Departments of Zoology and Oceanography University of Cape Town, South Africa;
- Mesquita, A.R. Leite, J.B.A. & Rizo, R.. (1989). *Ptherns of instability in a region of shelf break*, Posgraduate School Monterey, California;
- Omta, A. W., Llido, J., Garc-on, V., Kooijman, S. A. L. M., and Dijkstra, H. A. (2009). The interpretation of satellite chlorophyll observations: the case of the Mozambique Channel. *Deep-Sea Research I*, 56:974_988;
- Patti, B., Guisande, C., Vergara, A. R., Riveiro, I., Maneiro, I., Barreiro, A., Buscaino, G., Cuttitta, A., Basilone, G., and Mazzola, S. (2008). *Factors responsible for the differences in satellite-based chlorophyll-a concentration between the major global upwelling areas*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76:775-786;
- Pond, S.; Pickard, G.L. (1983) *Introductory dynamics oceanography*, 2nd edition. Pergamon Press, Oxford, 329 pag.;
- Rodrigues, R.F. (1973). *Upwelling at Cabo Frio*, Dissertação de Mestrado, Naval Upwelling. *Proc.Suiec v2: 425-436, Brasil.*;
- Sætre, R. and da Silva, A. J. (1984). The circulation of the Mozambique Channel. *Deep-Sea Research I*, 31:485_508;
- Silva, N. & Valdenegro, A. (2003). *Evolucion de un evento de surgencia frente a punta Curaumilla, Valparaiso*. *Investe. Mar. Valparaiso*, v. 31, n. 2, p. 73-89.
- Souza, R. B. (2005). *Oceanografia por Satélites*. Editora Oficina de Textos. São Paulo. 336p.
- Tropical, P. (2010). Variações do ciclo anual da temperatura da superfície do mar. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 25(2), 237-245.

10. Anexos

10.1. Comandos para Leitura das imagens e extracção dos dados da TSM e Clorofila

```
clc; close all; clear all;
fname='A20041452004152.L3m_8D_SST_4';
variavel='l3m_data';
slope=0.00071718;
intercept=-2;
parametro='SST';
res=4;
lon_min=37.75;lon_max=46.50;lat_min=-19.25;lat_max=-09.45;
pasta='C:\Escmc\Geraldo\imagens_desco\';
minha_imagem = dir([pasta, '\A20*.L3m_8D_SST_4']);
fs = length(minha_imagem);

%% Ciclo para ler varias imagens, plotar e agrupar os dados
SST_areal=nan(fs,1);

for count=1:fs %contagem das imagens
    fname=[pasta,minha_imagem(count).name];

    % ler a imagens e extrair SST, lon, e lat
    [SST,lons,lats] =
    modis_read_l3m(fname,variavel,slope,intercept,parametro,res,lon_min,lon_max,lat_min
    ,lat_max);
    [Lon,Lat]=meshgrid(lons,lats);

    %% extrair a data do nome do ficheiro
    ano = str2double(minha_imagem(count).name(2:5));
    dia_do_ano=str2double(minha_imagem(count).name(6:8));

    if isleapyear(ano)
        dias_no_mes_anterior = [0 31 60 91 121 152 182 213 244 274 305 335];
    else
        dias_no_mes_anterior = [0 31 59 90 120 151 181 212 243 273 304 334];
    end
    ij = find((ones(1,12).*dia_do_ano)>dias_no_mes_anterior);
    month=ij(end);
    day = floor(dia_do_ano - dias_no_mes_anterior(month));
    tempo(count) = datenum(ano,month,day,0,0,0);

    if 1 % use 1 to make images and 0 not to
    % fazer cada figura e gravar
    figure; clf; set(gcf, 'color', 'white');
    m_proj('mercator','lon',[lon_min lon_max],'lat',[lat_min lat_max]);
    m_pcolor(Lon, Lat,SST); shading interp; h=colorbar; caxis([15 30]);
    set(get(h,'xlabel'),'String','(SST ^oC)'); title(['SST
    ',datestr(tempo(count),24)])
    m_gshhs_h('patch',[0.7 0.7 0.7]); m_grid('linewi',1.3,'tickdir','out');

    % gravar a figura
    %rmdir('images');
    mkdir('images');
```

Análise do padrão de vento e sua relação com possibilidade de promover ressurgência (Upwelling) na costa de Pemba, Cabo Delgado, Norte de Moçambique

```
print(gcf, '-djpeg', ['.images\'', 'SST_', num2str(count)])
close all
end

%% Determinar a media para uma area piquena e gravar

lon_min_area1 = 41.2;          % <---- indicar valores da area onde queremos
lon_max_area1 = 41.9;          %          extrair SST para determeninar a media
lat_min_area1 = -13.9;         %          e aplicar wavelet
lat_max_area1 = -13.2;         %

i = find(lons>lon_min_area1 & lons<lon_max_area1); imin=min(i); imax=max(i);
j = find(lats>lat_min_area1 & lats<lat_max_area1); jmin=min(j); jmax=max(j);

SST_area1(count) = nanmean(nanmean(SST(jmin:jmax, imin:imax)));
end;
SSTP = SST_area1';           %NOME DA MATRIZ

save SST SSTP lons lats tempo
```

10.2. Tratamento de dados extraídos e produção de gráficos da TSM e Clorofila

```
clear all; close all;

lat_min = -21.25; lat_max = -14.45;          % Minimum and maximum latitudes
lon_min = 34.75; lon_max = 44.50;           % Minimum and maximum longitudes

banda='sst'; % suspended sediment
slope = 2e-6; % change this accordingle
intrc = 0.05; % slopeand intercept
ND=-0.015534; % bad value after scaling
file='E:\Imagens\A2002186113000.L2_LAC_SST'
[data, Xpts, Ypts]
=modis_read(file, lat_min, lat_max, lon_min, lon_max, banda, slope, intrc, ND);

figure; clf; set(gcf, 'color', 'white');
m_proj('mercator', 'lon', [lon_min lon_max], 'lat', [lat_min lat_max]);
m_pcolor(Xpts, Ypts, data); shading interp; %caxis([0 1.5]);
h=colorbar('vertical'); title('Cloud and Sun glint MASKED') ;
set(get(h, 'xlabel'), 'String', [banda, ' (mW cm-2 \mum-1 sr-1)']);
m_gshhs_h('patch', [0.7 0.7 0.7]); m_grid('linewi', 1.3, 'tickdir', 'out');

% ----- 2. Composite -----
folder='E:\Imagens\A2002*L2*';
fnames = dir('E:\Imagens\A2002*.L2*');
fs = length(fnames);
for i=1:fs
    fname(i, :) = cat(2, folder, getfield(fnames(i), 'name'));
end; fnames=cellstr(fname);
slope = 2e-6*ones(fs, 1);
intrc = 0.05*ones(fs, 1);
ND=-0.015534; % bad value after scaling
```

Análise do padrão de vento e sua relação com possibilidade de promover ressurgência (Upwelling) na costa de Pemba, Cabo Delgado, Norte de Moçambique

```
[SST,X,Y]=
composite(lat_min,lat_max,lon_min,lon_max,'sst',slope,intrc,ND,fnames{:});
figure; clf;set(gcf,'color','white');
m_proj('mercator','lon',[lon_min lon_max],'lat',[lat_min lat_max]);
m_pcolor(X, Y, SST); shading interp;
set(get(h,'xlabel'),'String',[banda,' (SST ^oC.)']);
m_gshhs_h('patch',[0.7 0.7 0.7]); m_grid('linewi',1.3,'tickdir','out');

fnames = dir('E:\Imagens\A2002*.L2*.hdf');
fs = length(fnames);
slope = 2e-6*ones(fs,1);
intrc = 0.05*ones(fs,1);
ND=-0.015534; % bad value after scaling

[red,Xpts,Ypts]=
composite(lat_min,lat_max,lon_min,lon_max,'Rrs_667',slope,intrc,ND,fnames{:});
green =
composite(lat_min,lat_max,lon_min,lon_max,'Rrs_555',slope,intrc,ND,fnames{:});
blue =
composite(lat_min,lat_max,lon_min,lon_max,'Rrs_443',slope,intrc,ND,fnames{:});

red = red .* 152.4386;
green = green .* 188.7668;
blue = blue .* 171.12 ;

%plotting
dtmin=min([min(red) min(blue) min(green)]);
dtmax=max([max(red) max(blue) max(green)]);
r = (red - dtmin)./dtmax;
g = (green-dtmin)./dtmax;
b = (blue -dtmin)./dtmax;
figure; rgb=cat(3,r,g,b);
rgb(rgb>1|rgb<0)=nan;
image(rgb); axis image; axis xy;
```