



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE OCEANOGRAFIA**

**MARIA ISABEL DOS SANTOS BARROS**

**CARACTERIZAÇÃO DAS CORRENTES SUB E SUPRA INERCIAIS  
NA PLATAFORMA DO ARCO COSTEIRO DE ABROLHOS, BAHIA**

Salvador  
2014

**MARIA ISABEL DOS SANTOS BARROS**

**CARACTERIZAÇÃO DAS CORRENTES SUB E SUPRA  
INERCIAIS NA PLATAFORMA DO ARCO COSTEIRO DE  
ABROLHOS, BAHIA**

Monografia apresentada ao Curso de Oceanografia,  
Instituto de Geociências, Universidade Federal da  
Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de  
Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Domingos  
Lentini

Salvador  
2014

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à minha família, por acreditar em mim sempre e pela compreensão nesses anos de curso. Em especial a minha irmã Bia, que se empolgou junto comigo quando descobri a Oceanografia em 2005 e nunca me deixou desistir deste sonho.

Às Megeras Bia, Rod, Wilton e Victor, minha família extra oficial que tornou tudo mais ácido e divertido. Pelas risadas, apoio, revisão, dicas, opiniões valiosas, fofocas, falar a verdade quando eu precisava ouvir, enfim, simplesmente por estarem aqui. Minha vida seria muito sem graça sem vocês!

Ao meu orientador Carlos Lentini por aceitar me orientar e pela paciência. Aos membros da banca Guilherme Lessa e Hebe Queiroz por terem aceitado ler este trabalho e pela flexibilidade no estabelecimento dos prazos. Aos professores de Oceano e de fora que tanto me inspiraram e pelos ensinamentos dentro e fora da classe: Guilherme, Buia, Ivanete, Grasiela, Francisco Barros, Mauro, Clemente. A secretária Rita, por ter quebrado meu galho em diversas ocasiões nesses 6 anos.

Aos amigos do laboratório Johnny, Ívenis, Mário, Lílian, Nat, Samara, Mestre Miyagi, Mateus pelas discussões, troca de rotinas, ajuda na escrita de e-mails, ou simplesmente pelas risadas que tornaram o ambiente de trabalho mais leve. Ao Carlos Teixeira pelas rotinas e dados cedidos.

Aos amigos que fiz direta ou indiretamente no curso, seja aqui seja nas faculdades onde passei: Léo, Carol, Dani, Marimangue, Paide, Laura, Camila, Ju, Andréa, Lara, Vanessinha, Thais, Lize, Tita, Pró Carine, Maria, Laisa, Igor César, Pedroca, Amana e tantos outros. Por tornarem aulas intragáveis mais interessantes e almoços do RU banquetes, pelas informações compartilhadas, pelas conversas no CA, saídas, viagens inesquecíveis para congresso, exploração dos arredores da faculdade em busca de comida boa e barata, apoio nos momentos difíceis e por me fazer uma pessoa mais calma e compreensiva. À amiga Mariana pelo mapa da região de Abrolhos.

E finalmente, à turma de 2008, a melhor que esse curso já viu! Eu não poderia pedir pessoas melhores para compartilhar esse tempo, as dificuldades e maravilhas de cursar Oceanografia!



## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo principal investigar a relação entre as bandas supra e sub inerciais nos dados de corrente e os registos de vento no canal de Sueste, Abrolhos. Para tanto, foram utilizados os dados de corrente das estações #106 e #506 localizadas a norte e sul do domínio. Os dados de vento foram retirados da estação de Caravelas. Foram observados dois padrões diferentes de vento nas estações seca e chuvosa, com a segunda apresentando as maiores intensidades centradas na direção nordeste. Houve aumento gradativo dos ventos de nordeste, em especial devido ao deslocamento da ZCIT e ZCAS. As correntes seguem a orientação do canal e tem maior intensidade das correntes para sudoeste. Nos dados filtrados de vento foi observada uma maior relação da componente transversal à costa ( $u$ ) com a banda supra inercial e da componente paralela à costa ( $v$ ) com a banda sub inercial. Na componente  $v$ , foi observado um padrão sazonal com fortalecimento dos ventos de nordeste no período chuvoso pelo deslocamento dos ventos de nordeste. Pode-se inferir que a variabilidade do vento é influenciada principalmente pela banda de maiores períodos por efeitos remotos e de ventos globais. A maré explica 64% da variabilidade da componente  $u$  e 40% da componente  $v$  na estação #106 e tem valor máximo de corrente de 44 cm/s. A componente  $v$  se relaciona mais intensamente com a banda sub inercial, com correlação de 0,8. Só foi encontrada correlação entre as componentes paralelas das correntes com o vento de -0,64. As análises espectrais indicam forte influência da sazonalidade, nos períodos entre 40 e 60 dias e abaixo de 20 dias, em todos os dados. Os dados abaixo de 20 dias são referentes à passagens de frentes frias.

**Palavras-chave:** Correntes de plataforma; Análise espectral; Abrolhos.

## ABSTRACT

This work has the main goal to investigate the relationship between the sub and supra-inertial bands and the current data and the wind record in the Sueste stream. For that purpose, data originated from two moorings located in the northern and southern sides of the dominium. Wind data come from Caravelas weather station. There are two different wind patterns on rainy and dry seasons. On rainy season, the northeast trade winds are predominant, mainly because of the southern shift of the Intertropical Convergence Zone and the South (ITCZ) Atlantic Convergence Zone (SACZ). There was a noted increase across the years. The currents follow the channel orientation and flow predominantly to southwest. The filtered data showed the across shore (u) wind correlated better with suprainertial band and the along shore (v) with the subinertial band. The component v showed a seasonal pattern and northeast wind strengthens on the rainy season because of the south shift of the northeast trade winds. It is very likely that the local wind records are highly moved by longer period events such as remote and global winds. Tides explain 64% of the variability of u and 40% of v on #106. Tidal currents speed can get to 0,44m/s. V is strongly correlated 0,8 to the subinertial band. This work could only find correlation between along shore wind and current. The spectral analysis indicate a strong seasonality influence along with periods of 40 to 60 days and periods with less than 20 days. The last are probably due to cold fronts penetrations.

**Key words:** Shelf currents; Spectral analysis; Abrolhos.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do canal de Sueste. Os pontos #106 e #506 indicam os locais de fundeio. Mapa de Mariana Thévenin.....	19
Figura 2 - Rosa dos ventos para o período de janeiro de 2005 a junho de 2009.....	24
Figura 3 – Frequência de ocorrência de direções do vento nos anos de 2005 a 2009 codificado por cores.....	25
Figura 4 – Frequência de ocorrência de direções do vento no período chuvoso nos anos de 2005 a 2009 codificado por cores.....	27
Figura 5 – Frequência de ocorrência de direções do vento no período seco nos anos de 2005 a 2009 codificado por cores.....	28
Figura 6 - Série da componente paralela à costa do vento nos anos de 2005 a 2009. A, C, E, G e I: em vermelho os dados filtrados na banda supra inercial e em azul, os dados originais. B, D, F, H e J: em vermelho os dados filtrados na banda sub inercial e em azul, os dados originais.....	31
Figura 7 - Série da componente paralela à costa do vento nos anos 2005 a 2009. A, C, E, G e I: em vermelho os dados filtrados na banda supra inercial e em azul, os dados originais. B, D, F, H e J: em vermelho os dados filtrados na banda sub inercial e em azul, os dados originais.....	33
Figura 8 - Direção e intensidade de correntes para todo o período. Acima, estação #106; abaixo, estação #506.....	35
Figura 9 – Frequência de ocorrência de direções de corrente na estação #106 no período chuvoso nos anos de 2005 a 2009 codificado por cores.....	36
Figura 10 – Frequência de ocorrência de direções de corrente na estação #106 no período seco nos anos de 2005 a 2009 codificado por cores.....	37
Figura 11 – Frequência de ocorrência de direções de corrente na estação #506 no período chuvoso nos anos de 2005 a 2009 codificado por cores.....	37
Figura 12 – Frequência de ocorrência de direções de corrente na estação #506 no período seco nos anos de 2005 a 2009 codificado por cores.....	38
Figura 13 - Série temporal da componente transversal da corrente nos anos de 2005 a 2009 em cm/s na estação #106. A, C, E, G e I: em vermelho os dados filtrados na banda supra inercial e em azul, em azul os dados brutos. B, D, F, H e J: em vermelho os dados filtrados na banda sub inercial e em azul, os dados brutos.....	40
Figura 14 - Série temporal da componente paralela da corrente para os anos de 2005 a 2009 em cm/s na estação #106. A, C, E, G e I: em vermelho os dados filtrados na banda supra inercial, em azul os dados brutos. B, D, F, H e J: em vermelho os dados filtrados na banda sub inercial e em azul, os dados brutos.....	42
Figura 15 - Série temporal da componente transversal da corrente para os anos de 2005 a 2009 em cm/s na estação #506. A, C, E, G e I: em vermelho os dados filtrados na banda supra inercial, em azul, os dados brutos. B, D, F, H e J: em vermelho os dados filtrados na banda sub inercial, em azul, os dados brutos.....	44
Figura 16 - Série temporal da componente transversal da corrente para os anos de 2005 a 2009 em cm/s na estação #506. A, C, E, G,e I: em vermelho os dados filtrados na banda supra inercial, em azul, os dados brutos. B, D, F, H e J: em vermelho os dados filtrados na banda sub inercial, em azul, os dados brutos.....	46
Figura 17 - Periodograma de Lomb-Scargle da componente transversal à costa do vento para o período de 2005 a 2009.....	48
Figura 18 - Periodograma de Lomb-Scargle da componente paralela à costa do vento para o período de 2005 a 2009.....	48
Figura 19 - Periodograma de Lomb-Scargle da componente transversal à costa da estação #106 para o período de 2005 a 2009.....	49
Figura 20 - Periodograma de Lomb-Scargle da componente paralela à costa da estação #506 para o período de 2005 a 2009.....	50
Figura 21 - Periodograma de Lomb-Scargle da componente transversal à costa da estação #506 para o período de 2005 a 2009.....	50

Figura 22 - Periodograma de Lomb-Scargle da componente paralela à costa da estação #506 para o período de 2005 a 2009 .....	51
Figura 23 - Espectro de potência de ondeleta da componente transversal à costa do vento. A barra de cores indica o espectro de energia, que é adimensional. O cone delimita a área de interesse do gráfico. Onde há linhas mais grossas estão as regiões com limite de confiança superior a 90%. À direita, o espectro global de energia. ....	52
Figura 24 - Espectro de potência de ondeleta da componente paralela à costa do vento. A barra de cores indica o espectro de energia, que é adimensional. O cone delimita a área de interesse do gráfico. Onde há linhas mais grossas estão as regiões com limite de confiança superior a 90%. À direita o espectro global de energia. ....	52
Figura 25 - Espectro de potência de ondeleta da componente transversal à costa da estação #106. A barra de cores indica o espectro de energia, que é adimensional. O cone delimita a área de interesse do gráfico. Onde há linhas mais grossas estão as regiões com limite de confiança superior a 90%. ....	53
Figura 26 - Espectro de potência de ondeleta da componente paralela à costa da corrente da estação #106. A barra de cores indica o espectro de energia, que é adimensional. O cone delimita a área de interesse do gráfico. Onde há linhas mais grossas estão as regiões com limite de confiança superior a 90%. ....	54
Figura 27 - Espectro de potência de ondeleta da componente paralela à costa da corrente da estação #506. A barra de cores indica o espectro de energia, que é adimensional. O cone delimita a área de interesse do gráfico. Onde há linhas mais grossas estão as regiões com limite de confiança superior a 90%. ....	55
Figura 28 - Espectro de potência de ondeleta da componente transversal à costa da corrente da estação #506. A barra de cores indica o espectro de energia, que é adimensional. O cone delimita a área de interesse do gráfico. Onde há linhas mais grossas estão as regiões com limite de confiança superior a 90%. ....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Localização das estações com os correntômetros .....	22
Tabela 2 - Registro de entrada de frentes frias na estação de Caravelas durante o período de 2005 a 2009.....	26
Tabela 3 - Direção dos ventos para os períodos seco e chuvoso de todos os anos estudados .....	26
Tabela 4 - Direções em percentual das correntes nas estações #506 e #106 para as estações chuvosa e seca.....	35

## LISTA DE ABREVIações

ASAS – Alta (anticiclone) Subtropical do Atlântico Sul

GOOS – Global Ocean Observation System

L – Leste

N – Norte

NE – Nordeste

NW – Noroeste

OMJ – Oscilação de Madden-Julian

S – Sul

SE – Sudeste

SW – Sudoeste

VCAN – Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis

ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

W – Oeste

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1	OBJETIVO GERAL .....	16
<b>2</b>	<b>ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>18</b>
2.1	CLIMA DA REGIÃO .....	19
2.2	FORÇANTES E CIRCULAÇÃO .....	20
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>20</b>
3.1	DADOS DE VENTO .....	20
3.2	DADOS DE CORRENTOMETRIA .....	21
3.3	COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS DE VENTO E DE CORRENTES .....	22
3.4	ANÁLISE ESPECTRAL.....	22
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>24</b>
4.1	DADOS DE VENTO .....	24
4.1.1	Dados filtrados .....	28
4.2	DADOS DE CORRENTOMETRIA .....	33
4.2.1	Dados filtrados .....	38
4.3	CORRELAÇÃO ENTRE OS DADOS DE VENTO E CORRENTE .....	46
4.4	PERIODOGRAMA DE LOMB-SCARGLE .....	47
4.4.1	Dados de vento .....	47

4.4.2	Dados de correntometria.....	49
4.5	ESPECTRO DE ONDELETAS.....	51
4.5.1	Dados de vento.....	51
4.5.2	Dados de correntometria.....	53
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>55</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>58</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A zona costeira é um ambiente de transição entre as águas continentais e oceânicas, resultando numa região marcada pela forte ação das marés e dos ventos locais, que por sua vez têm um papel importante na turbidez e no aporte de nutrientes sobre a plataforma, principalmente na plataforma interna e média. Em geral, a zona costeira apresenta uma elevada produtividade primária povoada por biomas costeiros (e.g., manguezal, marisma, recifes de corais e estuários), que somados às florestas tropicais, resultam na maior biodiversidade do planeta. Portanto, é compreensível que, devido à maior oferta de alimento, bem como do acesso à água e à navegação, mais da metade da população mundial habite uma faixa costeira de aproximadamente 60 km de largura (CNUMAD,1992). No Brasil, 60% da população vive em regiões costeiras. Por esta razão, os múltiplos usos dessa faixa para navegação, turismo, pesca e atividades industriais são responsáveis por 70% da poluição costeira.

O impacto causado pela ocupação humana tem sido visto com crescente preocupação pela população mundial. Nos últimos anos, inúmeros estudos na região costeira tem sido feitos no Brasil e globalmente (Andrade & Dominguez, 2002). Em todos estes, a obtenção de dados físicos e geológicos se tornam necessários para melhor entendimento da região, de modo a contribuir com o planejamento e ordenação do terreno. Nesse contexto, se faz necessária a oceanografia operacional, que segundo a Global Ocean Observation System (GOOS), é: uma atividade de medições sistemáticas e de longa duração de parâmetros oceanográficos em mares, oceano aberto e atmosfera, sua interpretação e disseminação das informações. Este ramo da Oceanografia produz tanto dados das condições do oceano (temperatura, salinidade, velocidade de correntes, etc.) em tempo real quanto previsões de condições futuras.

Os sistemas de observação oceânica são responsáveis pelo fornecimento de dados em tempo quase real. São diversas as fontes de dados: medidas in situ de sensores acoplados em navios, CTDs, boias de deriva, estações costeiras ou via sensoriamento remoto de satélites, radares, aviões, que tem uma cobertura espacial e temporal maior apesar de só fornecerem informações da superfície (Ravichandran, 2011).

A obtenção de séries extensas de dados propicia o estudo dos sinais em um amplo espectro de frequências permitindo entender a variabilidade dos dados através de suas funções periódicas dominantes (Emery & Thomsom, 2004). Como diferentes eventos na

natureza possuem períodos distintos, é possível avaliar sua frequência e separar esses sinais. A separação permite o estudo posterior do espectro de energia e investigar as forçantes físicas e sua importância relativa em uma região.

As forçantes físicas como vento e maré são responsáveis pela modulação da circulação hidrodinâmica nas regiões de plataforma interna e média, principalmente. Elas governam o escoamento e sua interação com a frente estuarina. Os ventos, originados a partir de variações da pressão relativa do ar devido ao aquecimento diferencial da superfície, transferem momento para a coluna d'água verticalmente dentro da camada limite oceânica, marcada por escoamentos ageostróficos. Esses ventos podem se desenvolver tanto em escala global, quanto local. Ventos de escala global (i.e., "remotos") estão associados à transferência meridional de momento e calor do Equador para os polos, como as Correntes de Jato e as células convectivas de circulação meridional. Por outro lado, ventos locais interagem diretamente com a orografia e linha de costa locais (e.g., circulação de brisa).

A ação da maré próximo à costa, principalmente a interação de suas correntes de maré com a complexa topografia local podem causar desaceleração das correntes costeiras e amplificação das alturas significativas de ondas. Quanto mais complexo o relevo submarino, com presença de bancos arenosos, recifes de coral, ilhas, canais ou cânions, mais intrincado se torna o escoamento de água, principalmente em regiões rasas, como é o caso da região do arco interno do Banco dos Abrolhos no extremo sul da Bahia.

O sul da Bahia é conhecido pelo seu potencial turístico, com de visitantes de outros estados e países a cidades como Porto Seguro, Alcobaça, Prado e Caravelas. Devido à alta procura, essa área é alvo direto de especulação imobiliária, projetos industriais, como a FIBRIA (antiga ARACRUZ celulose), blocos para a extração de petróleo e gás natural e atividades agropecuárias (Andrade & Dominguez, 2002). Nessa mesma região, localiza-se o ecossistema de maior biodiversidade do Atlântico Sul: o Complexo Recifal dos Abrolhos (Laborel, 1969; Leão, 1999). Esse Complexo é dividido em dois arcos: um interno e outro externo. O arco interno que localiza-se mais próximo à costa e apresenta profundidades inferiores a 30 m em média, e o arco externo, mais afastado e com profundidades superiores a 30 m, é o local do Parque Marinho dos Abrolhos (figura 1).

O desmatamento da mata no entorno de rios próximos (Caravelas e Peruípe), o crescimento populacional desordenado na região costeira, bem como as constantes dragagens realizadas nos canais de acesso ao porto, podem aumentar a descarga de sedimentos em suspensão e a turbidez da água na região do arco interno. O material em suspensão na coluna d'água afeta diretamente a biota, podendo causar asfixia, redução das

taxas de crescimento, abrasão, inibição do recrutamento e/ou a diminuição do percentual de cobertura de corais vivos (Dutra *et. al.*, 2006).

O Ministério do Meio Ambiente considera essa área de grande importância ecológica, o que motivou projetos de pesquisa e monitoramento como o Pro-Abrolhos, iniciativa do Instituto de Oceanográfico da USP e universidades parceiras, além de projetos que atuam em outras áreas, como o TAMAR e o Instituto Baleia Jubarte, além do Instituto Chico Mendes.

A FIBRIA (antiga empresa Aracruz Celulose) mantém um terminal de acesso a barcas no estuário do rio Caravelas. Devido ao potencial impacto do porto, i.e. qualidade de água, bem como de atividades frequentes de dragagem do delta de maré vazante em frente ao canal do Tomba, o IBAMA exigiu monitoramento da circulação da água, da concentração de sedimentos em suspensão e da taxa de deposição de sedimentos nos recifes de corais do arco interno a partir de 2001.

O monitoramento realizado pela CEPEMAR no início desse período, gerou uma série de relatórios técnicos e artigos científicos (CEPEMAR, 2001; Lessa & Cirano, 2006; Teixeira, *et. al.*, 2013). Esse monitoramento compreendeu a determinação das taxas de deposição através de armadilhas de sedimento dispostas nos corais de recifes do arco interno, a determinação semanal da concentração de sedimentos em suspensão e medições contínuas de correntes em dois pontos de fundeio no Canal de Sueste #106 e #506 (figura 1), e observações de ventos numa estação meteorológica em terra.

Segundo Lessa *et. al.* (2005) e Lessa & Cirano (2006) as correntes predominantes seguem o eixo NE/SW do Canal Sueste, forçadas principalmente pela banda sub inercial do vento com a maré apresentando uma relevância secundária na hidrodinâmica local. Quanto às turbidez, esses mesmos autores reportam que foram encontrados valores de concentração de sedimentos em suspensão de 3 a 5mg/l na maioria das estações de coleta com um máximo de 34mg/l próximo à área de dragagem e descarte. Com base nesses resultados, ambos autores concluem que não foi encontrada nenhuma relação direta entre a dragagem do canal e o descarte de sedimento.

Teixeira *et. al.* (2013) estudaram o período de 2002 a 2005 e encontraram direção NE como predominante para o período de 2002 a 2005. Houve uma alternância de predomínio entre ventos de N e NE no verão com média de 4,2m/s para S e SE no inverno com 3,9m/s. Essa rotação esteve relacionada com o fortalecimento na primavera e posterior enfraquecimento no outono nos ventos alísios, que seguem a migração N-S da Alta do Atlântico Sul entre o verão e o inverno. Encontraram uma tendência de diminuição dos valores

em 2004 e posterior aumento em 2005 associada à um decréscimo na formação de Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCAN) e acréscimo de passagens de frentes frias nesse período. A banda sub inercial da componente paralela à costa (meridional) teve 66% do registro de ventos de NE/NW/N/E com média de -3,1m/s. Os ventos positivos soprando de SE/SW/S/W tiveram média de 2m/s. Foi observado uma tendência de decréscimo nos valores com os anos. Já os ventos transversais (zonais) à costa tiveram predomínio de valores negativos, ou seja, de W.

O mesmo trabalho encontrou magnitude de correntes de 0,18m/s na estação #506 e 0,25m/s na estação #106 com valores máximos de 0,66m/s e 0,93m/s, respectivamente. O padrão de fluxo encontrado foi bimodal. A análise harmônica de maré indicou que a mesma explicou a 70,8% da variância da componente transversal à costa e 28,3% da componente paralela à costa na estação #106 e valores próximos na outra estação. A banda sub inercial da componente paralela à costa teve magnitude média de  $-0,10 \pm 0,21$  m/s na estação #106 e  $0,04 \pm 0,14$  na estação #506 e explica 74% e 68% da variância total desta componente nas respectivas estações. Foi observado um ciclo sazonal na banda supracitada, com variações de 0,20m/s e 0,40m/s nas estações #106 e #506, respectivamente. Os autores encontraram um decréscimo nos máximos das velocidades com o passar dos anos, de 0,35m/s em 2002 para 0,20m/s em 2005, assim como foi observado nos dados de vento. A análise espectral indicou períodos de maior energia como 11, 16 e 71 dias no espectro da componente paralela à costa e 11 e 64 dias na componente transversal. A análise de ondeletas mostrou que a maior variabilidade estava concentrada entre 4 e 45 dias. Os ciclos de 64 dias observados se restringiram a um evento isolado.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal do trabalho é continuar o trabalho iniciado por Lessa & Cirano (2006) e Teixeira *et. al.* (2013) e investigar se há manutenção da relação anteriormente encontrada entre as bandas supra e sub inerciais nos dados de corrente e os registros de vento no canal de Sueste, Abrolhos.

Ao ponto central deste projeto, estão associados os seguintes objetivos específicos:

- Definir as componentes sub e supra inerciais da série de correntes e sua correlação com as mesmas;
- Identificar as variabilidades presentes no registro de corrente e nível do mar através da análise de métodos espectrais (e.g., Periodograma de Lomb-Scargle e de Ondeletas)
- Comparar com resultados anteriores

## 2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se na plataforma continental leste brasileira, PCLB (lat. 17,40° a 18,40°S e long. 39,7° a 38,7°W) (figura 1). A oeste se encontra o estuário do Rio Caravelas, que possui cerca de 66km<sup>2</sup> e está inserido em bioma de manguezal. Este rio tem na sua desembocadura duas saídas principais: a de Barra Velha e a do Canal do Tomba. À leste encontra-se o canal de Sueste e os recifes do arco interno, ambos componentes do Complexo Recifal de Abrolhos.

O Banco de Abrolhos possui recifes de corais, ilhas vulcânicas, bancos rasos e canais. O banco de Abrolhos se encontra em um alargamento da PCLB, que em geral é estreita, mas em Abrolhos chega a 250 km de largura (Leão, 1999). É uma região rasa, com profundidade máxima de 30 metros (Leão & Ginsburg, 1997). Nessa região ocorre uma forma única de crescimento dos recifes, chamada de chapeirão. São pináculos coralíneos com alargamento no topo (lembrando um cogumelo) que podem atingir o nível do mar.

O arco interno tem profundidade média de 10 m e extensão de até 60km. O arco é um complexo de bancos recifais formada a coalescência dos chapeirões origina recifes extensos como o de Pedra Grande do Parcel das Paredes. Há também estruturas isoladas (Leão, 1998).

São dois os canais do Banco de Abrolhos, o canal de Sueste e o de Abrolhos. O primeiro tem profundidade média de 10 m (Teixeira, 2006; Lessa et. al., 2006) enquanto o segundo tem 30 m e separa os recifes costeiros dos recifes do Arquipélago de Abrolhos. Os canais são separados entre si pelo Parcel das Paredes e os recifes de Sebastião Gomes, Coroa Vermelha e Nova Viçosa.

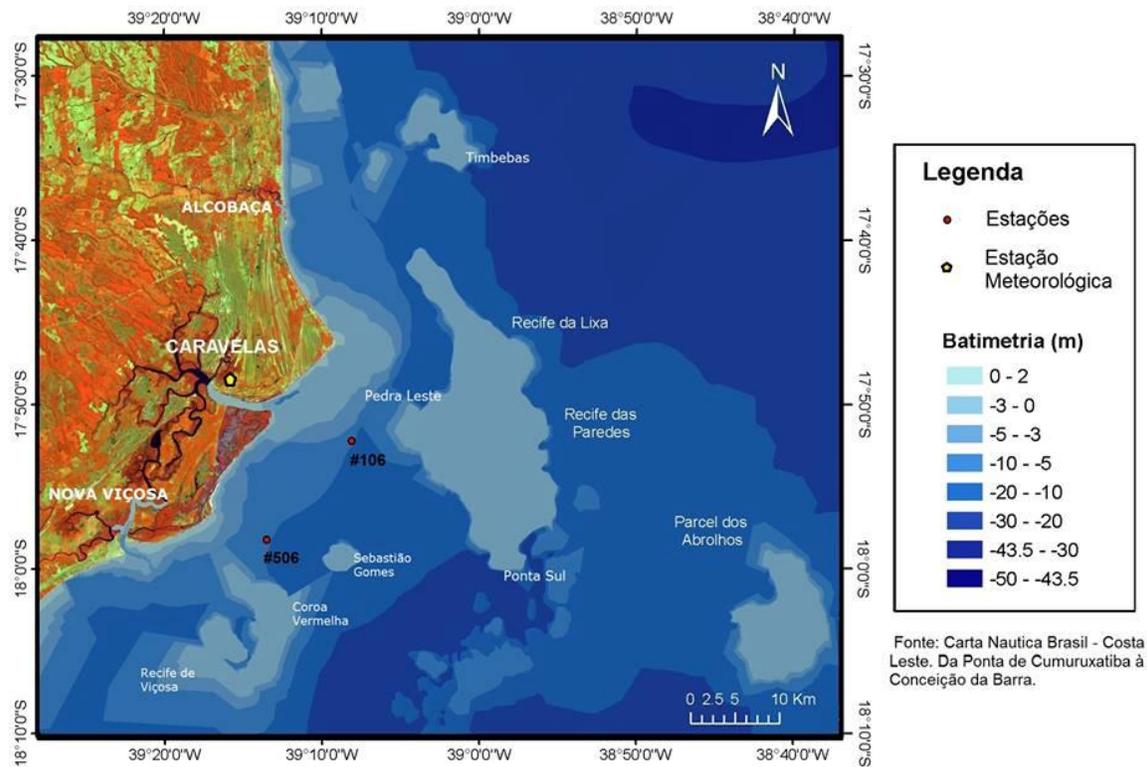


Figura 1 - Localização do canal de Sueste. Os pontos #106 e #506 indicam os locais de fundeio. Mapa de Mariana Thévenin.

## 2.1 CLIMA DA REGIÃO

Na região de estudo a precipitação média é de 1300 mm/ano (ANA, 2012). A passagem de frentes frias, bem como o padrão de ventos são os principais responsáveis pela variabilidade no índice de precipitação (Kousky, 1979; Gan, 1982). No verão, a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) gera uma banda de nebulosidade no sentido NW-SE que se desloca sobre o oceano, causando precipitação no sul do nordeste (Andrade, 2004). Também no verão atuam a Zona de Convergência Intertropical, que fortalece os ventos alísios de nordeste e Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis. Este padrão meteorológico resulta em duas estações: seca, de agosto a setembro e chuvosa, de dezembro a fevereiro (Gan, 1882; Chaves, 1999).

## 2.2 FORÇANTES E CIRCULAÇÃO

A região do sul da Bahia tem regime de meso-maré, com amplitudes de 3m, as maiores da plataforma leste brasileira (Cirano & Lessa, 2006). As correntes de maré tem valor máximo de 0,43m/s (Teixeira, 2006). A região tem rios de baixa vazão. 5 rios (Buranhém, Jucuruçu, Itanhém, Peruípe e Caravelas) têm vazão média anual de 120 m<sup>3</sup>/s. O região tem a Água Tropical (AT) como massa d'água predominante, e esta é proveniente de meandramentos das águas de superfície da Corrente do Brasil ( $T > 18^\circ$  e  $S > 36.0$ ), que chegam até o banco de Abrolhos (Summerhayes et. at, 1976).

O padrão de ventos é resultado da combinação dos eventos meteorológicos como frentes frias e a posição das células de Hadley e Walker (Chaves, 1999). As frentes frias penetram no sul da Bahia durante todo o ano (Kousky, 1979). O ramo ascendente da célula de Walker está associado à Zona de Convergência Intertropical. Há também ocorrência dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis que atuam nos meses de primavera, outono e verão. Eles se formam principalmente por efeito da penetração de frentes frias nas regiões tropicais e são mantidos por variações diárias na Alta da Bolívia e a liberação de calor latente. A Zona de Convergência do Atlântico Sul atua nos meses de primavera e verão e está associada à alta convecção na Amazônia em conjunto com sistemas frontais. Desses eventos meteorológicos resulta que no período chuvoso a AAS tem seu ramo noroeste atuando na região de estudo causando enfraquecimento dos alísios de sudeste e anomalias ciclônicas no sul do Nordeste (Chaves, 1999). Já no período seco há intensificação e deslocamento da AAS que provoca intensificação dos alísios de sudeste.

No canal de Sueste as correntes longitudinais são, em média, duas vezes mais intensas que as transversais à costa, servindo de barreira à dispersão de sedimentos para os recifes costeiros. Correntes no canal de Sueste tiveram valor máximo de 80 cm/s.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 DADOS DE VENTO

Os dados de intensidade e direção do vento são provenientes da estação 83498, a estação Caravelas. Os dados estão disponíveis no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. A coleta dados ocorre nos horários de 0, 12 e 18 horas. Foi analisado o período de janeiro de 2005 a junho de 2009

totalizando 4918 dados. Todo processamento dos dados foi realizado no MatLab. Os dados foram interpolados para espaçamentos regulares de 8 em 8 horas. Foram retirados os dados espúrios, que se encontravam fora do envelope de  $\pm$  três desvios padrões. Em seguida os dados foram separados nas estações chuvosa e seca que segundo Lessa (2010) é a forma mais adequada de investigar sazonalidade no padrão dos dados para a região de Abrolhos. Os dados foram rotacionados em  $35^\circ$  para que seguissem a inclinação da costa, de modo que as componentes meridional e longitudinal são paralela e transversal à costa, respectivamente.

A série foi transformada numa série estacionária através da retirada de possíveis tendências positivas ou negativas encontradas. Em seguida os dados foram filtrados com um filtro digital passa baixa do tipo Lanczos-Cosseno. Foi utilizada uma período inercial de 39 horas na latitude de  $17^\circ$ . A correlação de Pearson foi calculada entre as bandas sub e supra inerciais para verificar importância relativa de cada uma.

### 3.2 DADOS DE CORRENTOMETRIA

Os dados de correntometria são provenientes de dois correntômetros fundeados no canal de Sueste cuja localização e profundidade relativa ao nível médio do mar são apresentadas na tabela 1. Os fundeios onde se encontram os aparelhos estão descritos no trabalho de Teixeira (2006). Os dados são séries temporais de concentração de sedimentos em suspensão (mg/L), velocidade da corrente (cm/s), direção da corrente (em graus e apontando para o norte magnético) e a elevação de maré. O intervalo de aquisição dos dados é de 30 minutos totalizando 78816 dados.

Foram utilizados os dados de velocidade e direção de corrente no período de janeiro de 2005 a junho de 2009. A fim de padronizar o referencial geográfico entre as correntes e ventos foi subtraída a declinação magnética referente à latitude de  $17^\circ$  das direções de corrente, de modo que as mesmas passaram a estar referenciadas pelo norte geográfico, como as direções dos ventos. Em seguida os dados foram rotacionados em  $35^\circ$  para que as componentes paralela e transversal à costa fossem extraídas do vetor.

A série foi transformada numa série estacionária através da retirada de possíveis tendências positiva ou negativa encontradas para posterior aplicação do filtro passa baixa do tipo Lanczos-Cosseno. Foi utilizada uma frequência de corte referente ao período de 39 horas, que corresponde ao período inercial da latitude de  $17^\circ$ , onde se encontram os fundeios. A correlação de Pearson foi calculada entre as bandas sub e supra inerciais para verificar

importância relativa de cada uma. Com a finalidade de investigar a importância relativa da maré uma análise harmônica dos dados de corrente nas suas componentes transversal e paralela à costa foi realizada com o pacote de rotinas *t\_tide* desenvolvido por Pawlowicz *et al.* (2002). Esta rotina retorna as amplitudes, os erros das amplitudes, as fases e os erros das fases das constituintes harmônicas com um índice de confiança de 95%. Ela também indica as componentes harmônicas mais importante, ou seja, constituintes cuja amplitude é maior que o seu erro.

Tabela 1 – Localização das estações com os correntômetros

Estação	Latitude	Longitude	Profundidade
106	17°48' S	39°7' W	7,7 m
506	17°53' S	39°13' W	8,7 m

Fonte: Teixeira (2006).

### 3.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS DE VENTO E DE CORRENTES

Os dados de corrente foram interpolados para a resolução dos dados de vento, ou seja, com intervalo de 8 em 8 horas totalizando 4918 dados. Em seguida foi realizada uma correlação de Pearson entre os dados de vento e correntes separados na bandas sub e supra inerciais. Foram consideradas significativas correlações acima de 0,60. Adicionalmente foi calculada a correlação cruzada para investigar se havia algum atraso de fase entre os dados.

### 3.4 ANÁLISE ESPECTRAL

No intuito de compreender a variabilidade das correntes, foram feitas duas análises espectrais com propósitos distintos: o periodograma de Lomb- Scargle e a transformada de ondeletas. Ambos os métodos são adaptações no tratamento da transformada de Fourier. A transformada de Fourier é uma ferramenta para compreender a contribuição de cada função seno ou cosseno no espectro de energia. Os dados que foram utilizados na análise espectral são os sub inerciais, pois a energia alta dos fenômenos de alta frequência (a exemplo da maré) são ruídos no estudo.

O periodograma de Lomb-Scargle foi criado por Lomb e modificado por Jeffrey Scargle para o estudo fenômenos determinísticos e portanto periódicos em dados astronômicos (Scargle, 1982). Ele detecta de períodos de maior energia, ou seja, encontra eventos de maior

importância na série. Essa ferramenta pode ser utilizada em séries com hiatos ou mesmo espaçadas de forma irregular sem perda de informação na análise espectral.

A transformada de ondeletas foi descrita inicialmente pelo geofísico Jean Morlet em 1984 e que executa a distribuição da energia espectral ao longo do tempo. Através de sucessivas expansões em séries de Fourier, o sinal é decomposto. Os coeficientes de Fourier indicam a amplitude e fase dos harmônicos resultantes da decomposição. Na transformada de ondeletas o sinal é decomposto em diferentes resoluções, cada uma resultando números de pontos em potências de 2 criando um periodograma.

## 4 RESULTADOS

Serão apresentados primeiramente os dados de vento. Os dados foram separados nas estações seca (maio a outubro) e chuvosa (novembro a abril), e posteriormente, foram estudadas as variações interanuais das mesmas.

### 4.1 DADOS DE VENTO

Para toda a série temporal, houve aproveitamento de 92% dos dados de vento. A figura 2 apresenta a rosa dos ventos para os anos de 2005 a 2009. A magnitude média para todo o período foi de  $2,2 \pm 1,28$  m/s com máximo de 9,1 m/s em dezembro de 2005. A distribuição das direções pode ser observada na figura 2. Ao longo dos 4 anos e meio, houve predomínio dos ventos de nordeste, com 25% de ocorrência e intensidade máxima de 7,8 m/s e dos ventos de norte, também com 25% de ocorrência. Seguidamente a direção de leste teve 20% de ocorrência. Isso se deve ao fato do sistema de ventos predominante nessa região ser os Vórtices ciclônicos em Altos Níveis (VCAN), a ZCIT e a ZCAS, que atuam principalmente no verão e são responsáveis pelo fortalecimento do alísios de nordeste e intensificação das chuvas (Chaves, 1999). Os ventos do quadrante sul somaram 20%, sendo 11% de sudeste, 9% de sul e 5% de sudoeste. As direções oeste e noroeste tiveram participação de 2% cada.

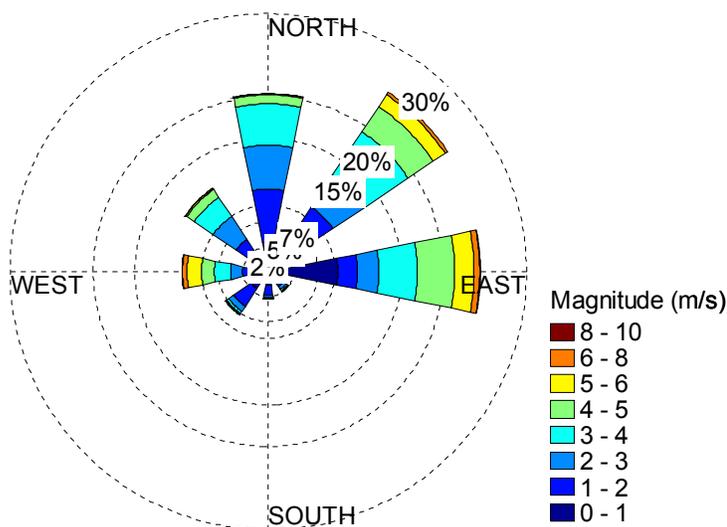


Figura 2 - Rosa dos ventos para o período de janeiro de 2005 a junho de 2009.

De 2005 a 2009 foi observada uma diminuição dos ventos de NE e um aumento dos ventos de N (Figura 3). Teixeira (2006) observou essa tendência –para os ventos de NE - em

seus resultados e pode-se inferir que este padrão se manteve. Como foi sugerido em seu trabalho, há uma acentuação dessa tendência devido à maior proximidade da estação utilizada da costa. Os ventos de norte aumentaram sua participação com o passar dos anos. O ano de 2005 teve média de  $2,63 \pm 1,5$  m/s com as direções nordeste, leste, norte e sudeste com 32%, 16%, 15% e 15% de ocorrência respectivamente. No ano de 2006, observou-se um aumento de intensidade nos ventos de leste e uma média de velocidade de  $2,70 \pm 1,54$  m/s. Em 2007 pode-se destacar aumento dos ventos de norte e leste e diminuição dos ventos de sul e sudeste. O evento de La Niña teve efeito numa atividade anticiclônica nos baixos níveis da atmosfera, favorecendo ventos de leste e norte (CLIMANÁLISE, 2007). A média das velocidades esteve em  $2,38 \pm 1,62$ . Em 2008, a direção norte se torna predominante, seguida de ventos de nordeste com 31% e 20% respectivamente. A média dos dados de velocidade para esse ano foi  $2,40 \pm 1,52$  m/s. O ano de 2009 apresentou aumento dos ventos de sul e sudeste, que juntos somam 26%. Isso se deve provavelmente por só terem sido disponibilizados os dados até junho.

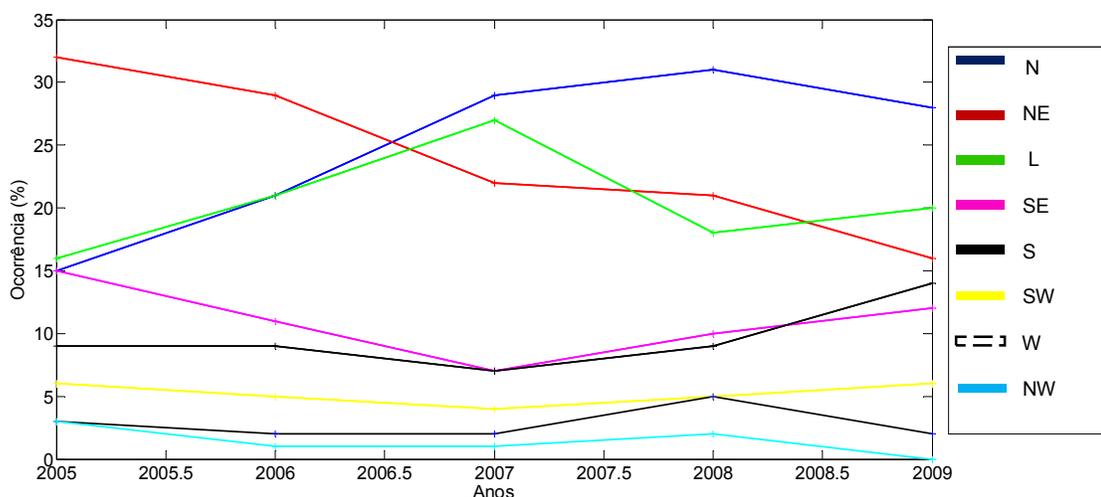


Figura 3 – Frequência de ocorrência de direções do vento nos anos de 2005 a 2009 codificado por cores.

Abaixo se encontra a tabela 2 com o registro dos sistemas frontais que passaram pela estação de Caravelas. Os anos de maior frequência de entrada de frentes frias foram os anos de 2005 e 2006 com 22 e 16 passagens respectivamente.

Tabela 2 - Registro de entrada de frentes frias na estação de Caravelas durante o período de 2005 a 2009

Mês	2005	2006	2007	2008	2009
Jan	2	0	0	0	0
Fev	2	0	0	0	0
Mar	2	0	0	0	0
Abr	2	4	0	0	0
Mai	2	3	3	1	0
Jun	2	1	1	1	1
Jul	2	1	1	0	0
Ago	0	2	0	0	1
Set	2	2	0	2	1
Out	2	1	0	1	0
Nov	2	1	1	0	0
Dez	2	1	0	2	0
Total	22	16	6	7	3

A tabela 3 inclui as direções do vento nos dois períodos investigados: chuvoso e seco. É na estação chuvosa que se encontram as maiores intensidades do vento. É possível observar uma queda de 30% nas direções predominantes desse período para o seco, que passam de 29% para 19%. A queda na intensidade dos ventos do quadrante leste é menos acentuada. Já os ventos do quadrante sul sofrem aumento de 19% na estação chuvosa para 30% no período seco. Esses resultados estão em concordância com aqueles encontrados por Teixeira (2006) e Teixeira *et. al* (2013), apesar de que, no presente trabalho, foi encontrada uma participação menor dos ventos de sudeste. Isso ocorre porque a divisão aplicada neste trabalho apresenta valores menos extremos por juntar num só período estações distintas como inverno e primavera. Ainda assim, o giro da direção do quadrante norte para o sul foi observado, e se deve à maior entrada de frentes frias no período de inverno/seco. Em particular, o ano de 2006 apresentou uma maior percentagem ventos de sul e sudoeste por maior número de entrada de frentes frias.

Tabela 3 - Direção dos ventos para os períodos seco e chuvoso de todos os anos estudados

Direção	Chuvoso	Seco
N	28	19
NE	29	19
E	19	21
SE	9	12
S	7	11
SW	3	7
W	2	2

A figura 4 apresenta a ocorrência das direções na estação chuvosa ao longo do período estudado. A estação chuvosa de 2005 teve 36% de ventos de nordeste, 16% de vento

de norte, 15 % de ventos de sul, 13% de leste, 10% de noroeste e teve magnitude média de  $2,63\pm 1,51\text{m/s}$ . A presença forte de ventos de sul neste período não é esperada, mas neste ano houve entrada de frentes frias em todos os meses do verão/ período chuvoso, intensificando-os. Em 2006 as direções norte e leste sofrem um aumento e passam a representar 70% dos dados. A média das velocidade calculada foi  $2,70\pm 1,58\text{m/s}$ . Em 2007 houve mudança na direção norte, que passou a ser predominante com 32%, seguido a nordeste com 25% e de mudança para quadrante leste com 30%, nordeste com 25%, também norte com pouco mais de 20%. A magnitude média foi de  $2,38\pm 1,57\text{m/s}$ . Nos anos de 2008 e 2009, o padrão se assemelha com o ano anterior, com a direção norte com 34%, nordeste 26%, leste com 18% e sul com 7%. Em 2008 a média das velocidade foi de  $2,4\pm 1,54\text{m/s}$  e em 2009  $2,16\pm 1,45\text{m/s}$

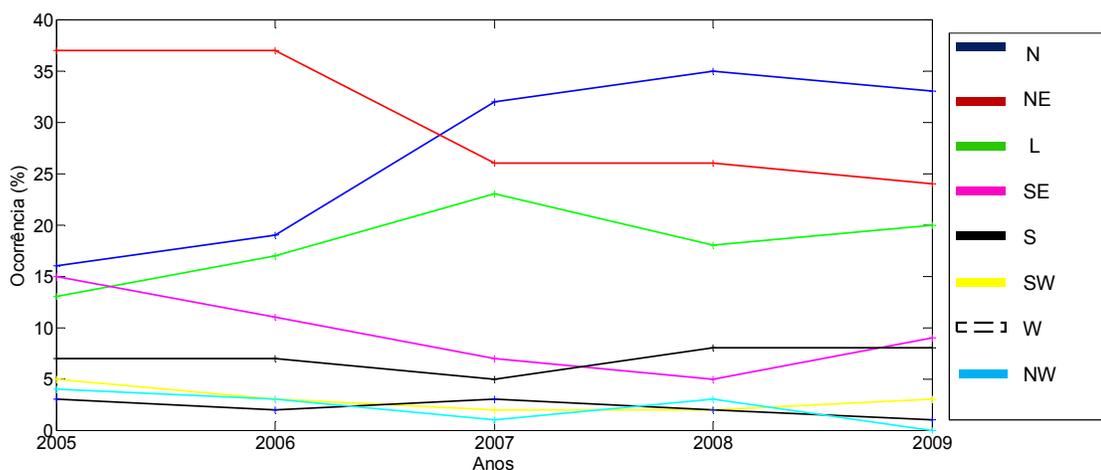


Figura 4 – Frequência de ocorrência de direções do vento no período chuvoso nos anos de 2005 a 2009 codificado por cores.

A figura 5 apresenta ocorrência das direções na estação seca ao longo do período estudado. O ano de 2005 teve a estação seca distribuída entre as direções nordeste, com 25%, leste com 20% e sudeste com 16%, norte e sul com 12%, seguido da direção sudoeste de 8% e teve magnitude média de  $2,60\pm 1,50\text{m/s}$ . Em 2006 o padrão se manteve com exceção de que foi observada predomínio dos ventos de leste com 30% das ocorrências, seguido pelos ventos dos ventos de nordeste com 25%, norte com 20% e nordeste e oeste com mais de 20%. Este ano teve a velocidade média calculada em  $2,59\pm 1,48\text{m/s}$ . Em 2007 os ventos de sudeste tiveram um ligeiro aumento de 5% em relação ao ano anterior. Foram verificados aumento na ocorrência dos ventos de leste (de 10 para 20%), de norte que chegou a 20% e diminuição nos ventos de nordeste e média de velocidade de  $2,23\pm 1,67\text{m/s}$ . 2008 com tendência de 2005, maiores intensidade de leste, com 25% e 20% de nordeste e 18% de norte

e média de velocidade de  $2,27 \pm 1,51 \text{ m/s}$ . Se observa de forma menos pronunciada a rotação para sul, provavelmente pelos ventos serem mais fracos nessa época. Já o ano de 2009, embora tenha resultados parciais, pode-se observar uma rotação para sul, com direções de sul e sudeste com aproximadamente 20% de ocorrência e uma queda pronunciada na ocorrência da direção de nordeste, de 20% para 5%. Nesse ano a média calculada da velocidade foi a menor registrada, com  $1,19 \pm 1,41 \text{ m/s}$ .

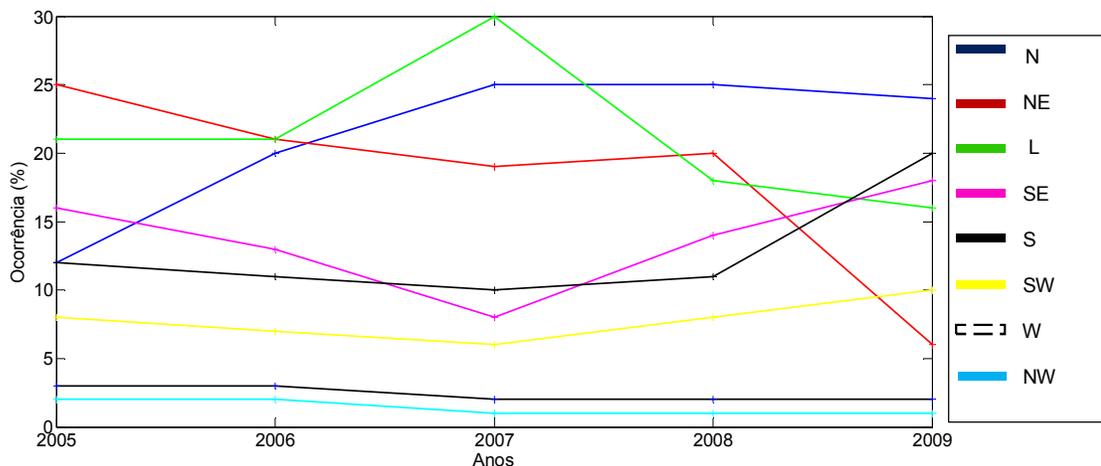


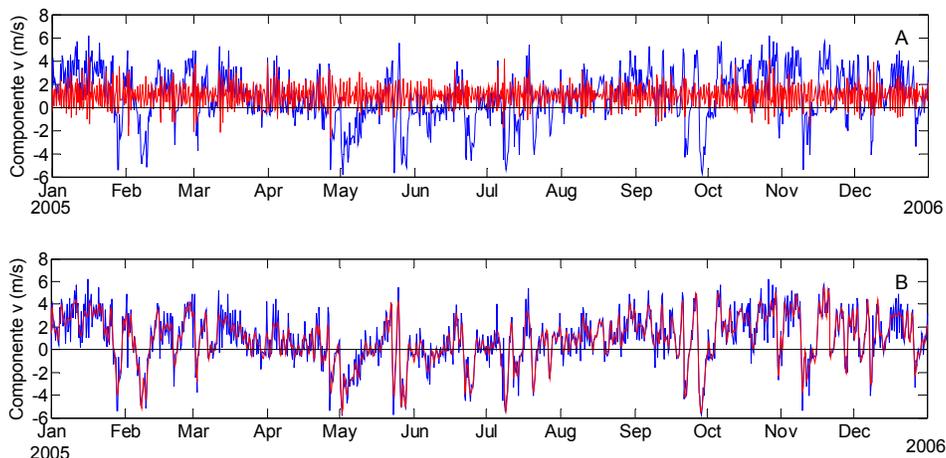
Figura 5 – Frequência de ocorrência de direções do vento no período seco nos anos de 2005 a 2009 codificado por cores

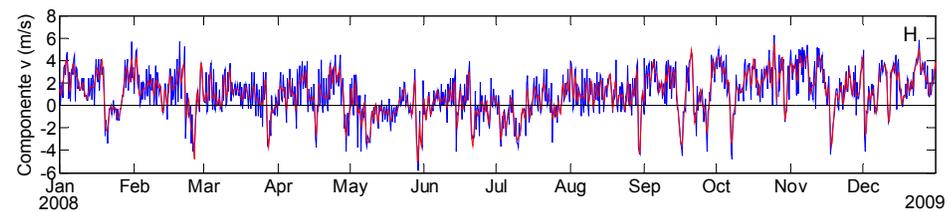
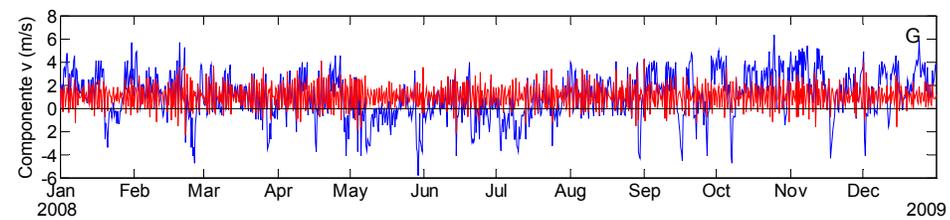
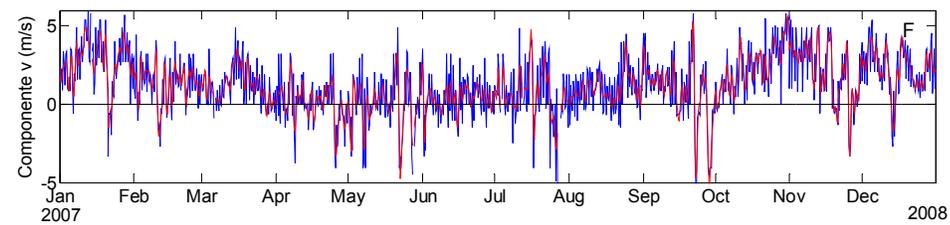
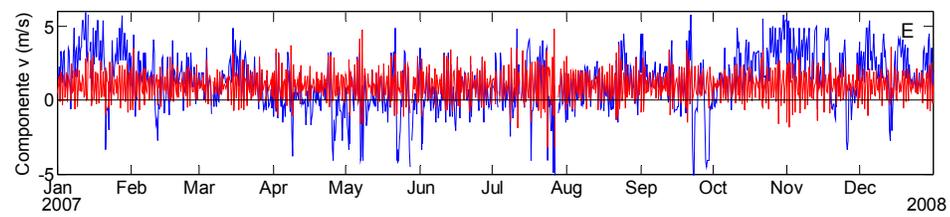
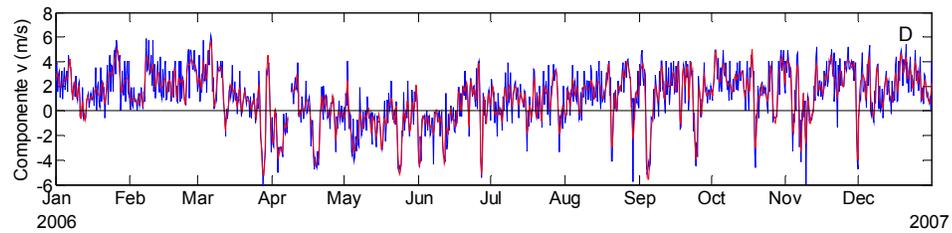
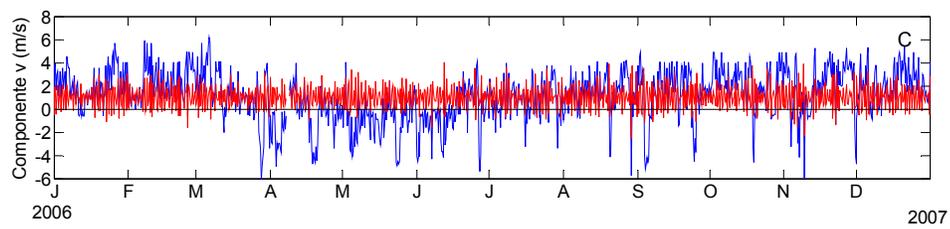
#### 4.1.1 Dados filtrados

Os dados de velocidade de vento de após passagem dos filtros de passa baixa (Milan-Lanczos) com período inercial referente de 39 horas. Para melhor discussão e apresentação, os dados de velocidade do vento e corrente foram separados nas suas componentes paralela ( $v$ ) e transversal à costa ( $u$ ). A representatividade de cada banda foi apresentada através de uma correlação de Pearson.

A série sub inercial de dados de vento apresentou um padrão sazonal, e a componente paralela à costa mostrou forte sazonalidade (figura 6). Teixeira (2006) também observou esse padrão, que considerou um ciclo de amplitude de 4 m/s, que tem valores negativos em dezembro (período chuvoso) indicando que este segue para sul e se alterna com valores positivos (ventos de sudeste e sul). Diferente dos trabalhos anteriores, foi observado um forte padrão na componente transversal à costa. Ventos de nordeste dominaram durante todo o período mas houve uma tendência de diminuição dos valores com o passar dos anos, também observado no presente trabalho.

A banda sub inercial da componente v do vento teve máximo de magnitude de 5,6 m/s e média de  $1,0 \pm 1,8$ m/s. Ela pode ser observada na figura 4. A maioria dos dados foram positivos e são representados por ventos de N e NE paralelos à costa, que perfazem 75% dos dados. Como encontrado anteriormente por Moore *et. al.* (1978) em seu estudo de frentes de plataforma, Wolanski & Bennett (1983) na Grande Barreira de Corais, Lessa & Cirano (2006), Teixeira (2006) e por Castro *et. al.* (2013), a parte sub inercial tem forte relação com a componente paralela à costa, com correlação de 0,88 com os valores observados. Existe uma diferença pronunciada na média dos dados no período chuvoso e seco. No primeiro, a média de velocidade dos dados sub inerciais se encontra em  $1,38 \pm 1,71$ m/s. No segundo, a média dos dados sub inerciais caem para a metade, com  $0,62 \pm 1,82$ m/s. Esse padrão reflete a sazonalidade das direções preferenciais dos ventos. Como dito anteriormente, no período chuvoso, a célula Alta do Atlântico Sul se desloca para sul e há um fortalecimento dos ventos de nordeste, que são os de maior intensidade. A máxima velocidade para o período foi de 5,59m/s e está associada a esta direção. O período seco tem, além das direções de norte e nordeste, um aumento da ocorrência dos ventos de sul. Essa direção está relacionada com a passagens de frentes frias que chegam enfraquecidas no sul da Bahia, e os ventos são em geral de menor intensidade.





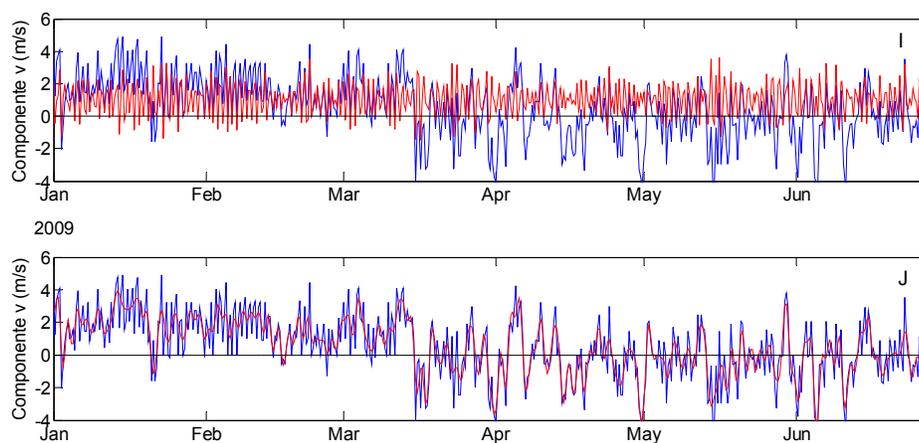
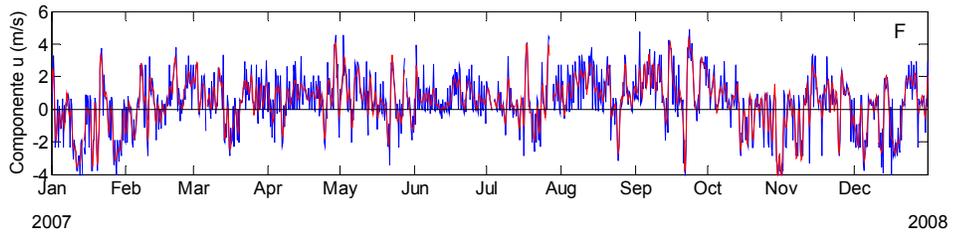
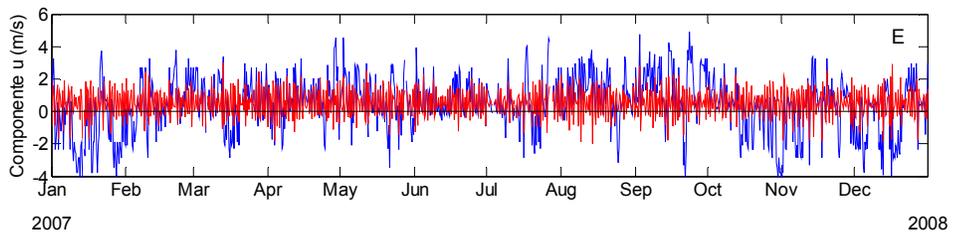
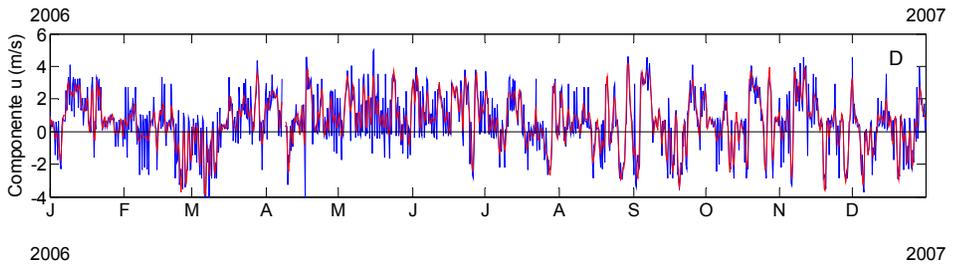
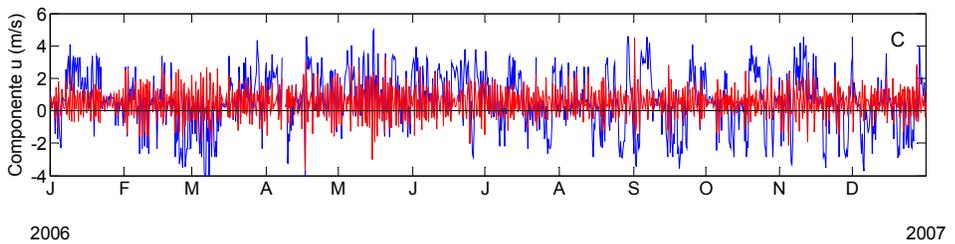
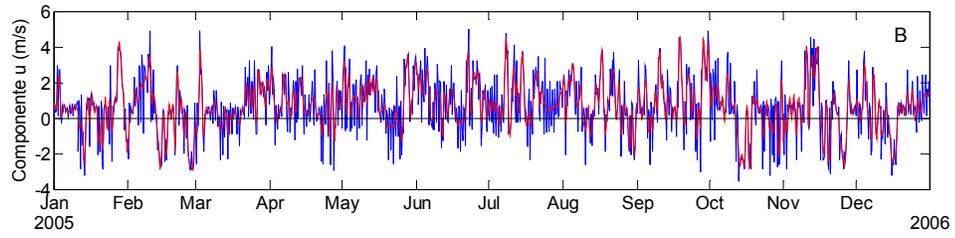
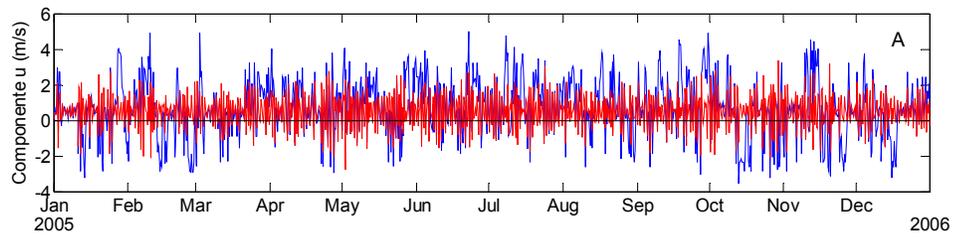


Figura 6 - Série da componente paralela à costa do vento nos anos de 2005 a 2009. A, C, E, G e I: em vermelho os dados filtrados na banda supra inercial e em azul, os dados originais. B, D, F, H e J: em vermelho os dados filtrados na banda sub inercial e em azul, os dados originais.

A componente transversal tem maior correlação com os fenômenos de frequência supra inerciais, ou seja, de período menor que 39h, calculada em 0,83. Apesar de visualmente isto não é constatado na figura 7. A média de magnitude da encontrada para ambos períodos seco e chuvoso foi de  $0,51 \pm 0,92$  m/s. Não foi encontrada nenhuma sazonalidade nos dados da componente transversal. Foi encontrada diferença entre a média de velocidade dos dados sub inerciais no período seco e chuvoso. No primeiro as médias são maiores que o valor global, com  $0,75 \pm 1,32$  m/s. No segundo a média é menor, com  $0,28 \pm 1,40$  m/s.



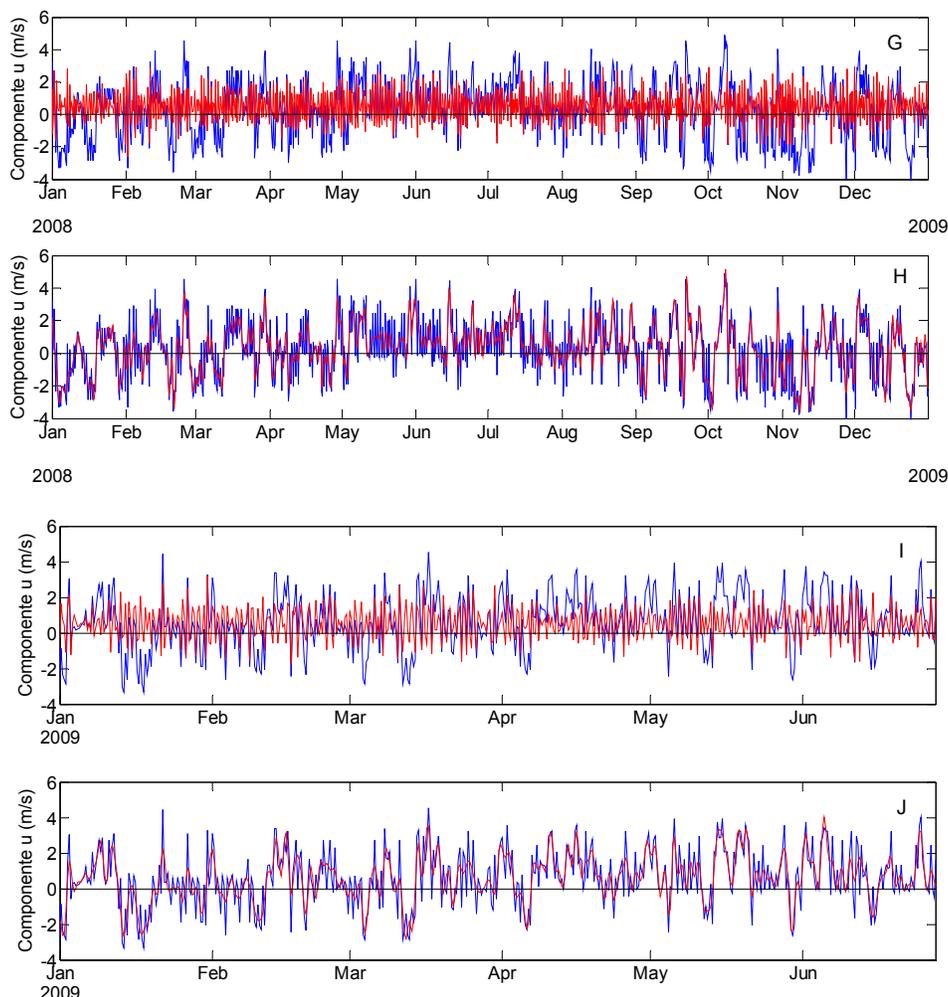


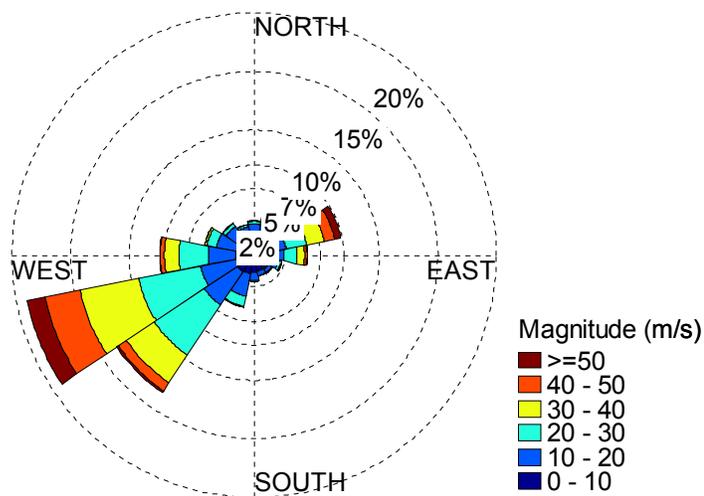
Figura 7 - Série da componente paralela à costa do vento nos anos 2005 a 2009. A, C, E, G e I: em vermelho os dados filtrados na banda supra inercial e em azul, os dados originais. B, D, F, H e J: em vermelho os dados filtrados na banda sub inercial e em azul, os dados originais.

## 4.2 DADOS DE CORRENTOMETRIA

Nos correntômetros a recuperação dos dados foi mais baixa, com 20% de perda nos estações #106 e #506. Isso se deve a uma retirada para manutenção e troca dos sensores no ano de 2007. Foi observado que em ambas as estações houve predominância das correntes de sudoeste com forte padrão bimodal NE/SW. Isso se deve ao fato da estação #106 se localizar em uma região mais canalizada e haver uma barreira de recifes próximos à estação #106, o que limita o fluxo em outras direções. A estação #106 apresentou correntes com valor médio de  $0,23 \pm 0,13 \text{ m/s}$ , que é maior que a outra estação por estar numa região do canal de menor área, onde ocorrem maiores velocidades. O alto valor de desvio padrão se deve à alta variabilidade das correntes na região. A estação #106 teve 80% das observações

disponíveis, com um hiato nos dados entre meados de 2007 e início de 2008. Conforme mencionado acima, isso se deve a uma retirada dos sensores para manutenção. A estação #106 tem maior ocorrência das correntes para o quadrante sul, que representam mais de 50% dos dados (figura 8). As correntes seguem o canal, com maior intensidade para a direção sudoeste, que apresenta magnitudes de até 0,93m/s. Deve-se levar em conta que os ventos predominantes da região são para nordeste, o que reforça o caminho preferencial da corrente.

Embora o padrão bimodal seja observado em ambas estações, a estação #506 contribuições das direções sul/sudoeste/oeste, que somam 41% das ocorrências. Em seu trabalho com dois fundeios um na profundidade de 17 (PA1) e 72m (PA2), no banco de abrolhos, Castro *et. al.* (2013) também encontraram alta variabilidade com maioria da direção de corrente para sudoeste. Também observaram a componente paralela à costa muito maior que a transversal, chegando a ser uma ordem de magnitude nas regiões mais rasas. Já mais na borda do banco, ambas tem a mesma ordem de magnitude. O movimento segue a direção média do vento. A estação #506 mantém maioria para sudoeste, com 18% mas uma maior participação das direções para oeste, com 10%, norte com 7% e sul com 13%.



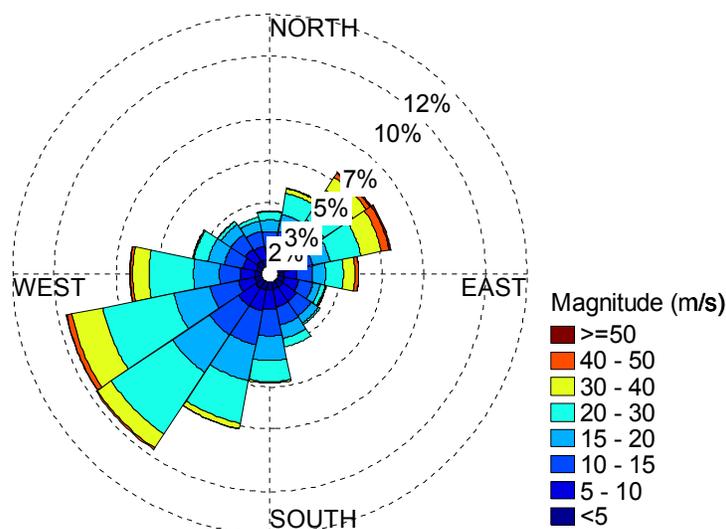


Figura 8 - Direção e intensidade de correntes para todo o período. Acima, estação #106; abaixo, estação #506

Não foi observada uma diferença significativa nos percentuais das direções entre os períodos seco e chuvoso em ambas as estações. Existe uma diferença pequena entre as correntes para norte e nordeste no período seco, provavelmente devido à maior atuação dos ventos de sudeste no inverno (tabela 4).

Tabela 4 - Direções em percentual das correntes nas estações #506 e #106 para as estações chuvosa e seca

Direção	#106		#506	
	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco
N	7	10	7	8
NE	10	13	9	12
E	5	4	5	6
SE	5	5	5	6
S	19	16	13	13
SW	29	24	20	16
W	4	3	12	7
NW	2	3	6	4

No ano de 2005 a média de velocidade do período chuvoso foi de 0,23m/s para estação seca. As direções principais são aquelas que seguem o eixo do canal, S e SW com 18% e 33%, seguido das correntes do quadrante norte que somam 18% (figura 9). Nos anos de 2006 e 2007 foi observada uma queda acentuada das correntes que fluem para as direções S provavelmente devido ao hiato de dados nesse período. As magnitudes médias nesses anos foram  $0,25 \pm 0,13$  m/s para 2006 e  $0,22 \pm 0,12$  m/s para 2007. Em 2008 as corrente para

direção NE, S e SW tiveram aumento de ocorrência, atingindo 15%, 20% e 31% de ocorrência respectivamente. A magnitude média de velocidade foi de  $0,21 \pm 0,11 \text{ m/s}$ . O ano de 2009 apresentou as menores velocidades para o período, com média de  $0,19 \text{ m/s}$ , o que pode estar relacionada à tendência de maior ocorrência da direção sul no padrão de ventos entre 2005 e 2009 e consequente maior ocorrência de correntes para norte e nordeste. Ventos de S são mais fracos nessa região e, portanto, causariam correntes mais fracas.

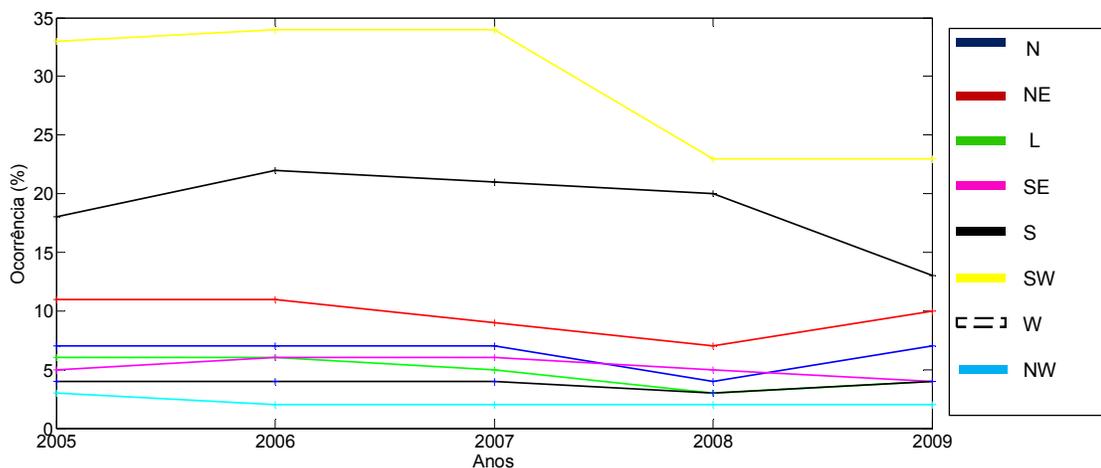


Figura 9 – Frequência de ocorrência de direções de corrente na estação #106 no período chuvoso nos anos de 2005 a 2009 codificado por cores.

No período seco se observa o padrão bimodal com correntes de maior intensidade, valor máximo de  $0,86 \text{ m/s}$  e média de  $0,23 \text{ m/s}$ . Há maior presença de correntes para sul e sudoeste, que somam 55% dos dados de 2005 (figura 10). Já as direções norte e nordeste tem papel secundário, como observado anteriormente. O aumento na porcentagem de ocorrência das correntes de norte e nordeste em detrimento das de sul e sudoeste é mais pronunciado nessa estação, possivelmente pela maior atuação dos ventos de sudoeste. Em 2006 a média de velocidades de  $0,26 \pm 0,14 \text{ m/s}$ . Em 2007 houve uma queda nas médias de velocidade para  $0,20 \pm 0,12 \text{ m/s}$ , além das ocorrências de todas as direções. Em 2008, as correntes para sul e sudoeste perfazem 51% das observações, com média de  $0,22 \pm 0,14 \text{ m/s}$  de velocidade média. Em 2009, há um maior equilíbrio entre as duas direções preferenciais de escoamento. A média da magnitude esteve em  $0,17 \pm 0,09 \text{ m/s}$ , seguindo a tendência dos dados de vento de diminuição nos últimos anos da série.

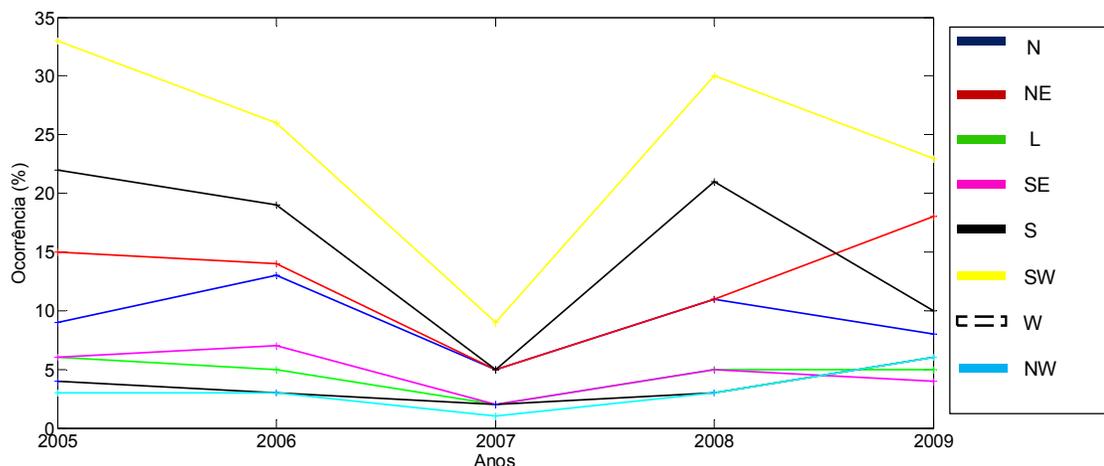


Figura 10 – Frequência de ocorrência de direções de corrente na estação #106 no período seco nos anos de 2005 a 2009 codificado por cores.

A estação #506 obteve resultados muito próximos aos obtidos na anterior. A estação chuvosa do ano de 2005 apresentou maioria das direções sudoeste (26%), sul (15%) e oeste (12%) e nordeste (8%) (figura 11). Nos anos seguintes, não foram observadas mudanças notáveis, excetuando-se o ano de 2009, que apresentou uma proporção diferente, com as direções oeste e sudoeste com valores muito próximos. Os períodos seco e chuvoso obtiveram médias próximas de 0,17 m/s. O período seco no ano de 2005 apresentou maior ocorrência das correntes para sul e sudeste, com uma frequência de ocorrência de 17% e 26% das observações respectivamente (figura 12). Essa proporção se mantém, exceto nos anos de 2008 e 2009 onde houve perda de dados por conta da manutenção dos sensores do equipamento fundeado. O aumento das direções norte e nordeste em 2009 deve-se à perda dos dados provavelmente.

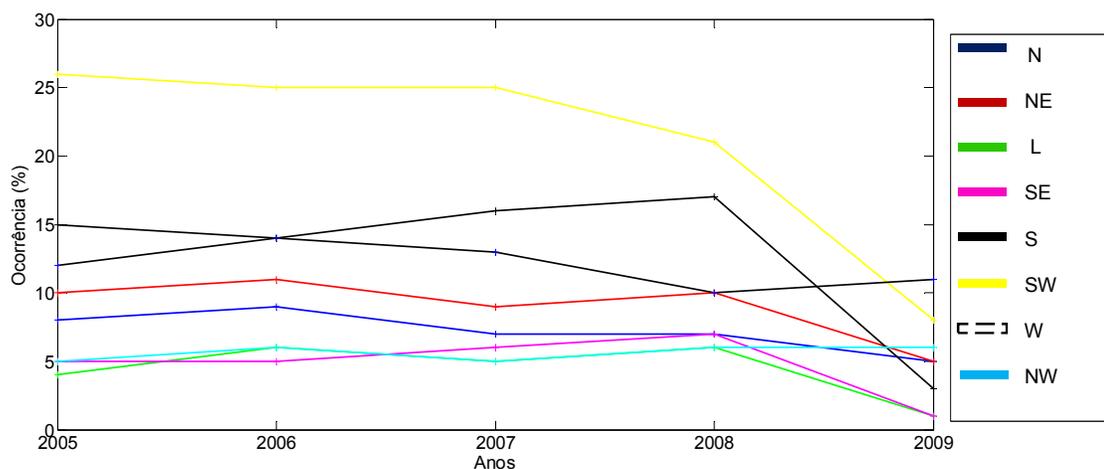


Figura 11 – Frequência de ocorrência de direções de corrente na estação #506 no período chuvoso nos anos de 2005 a 2009 codificado por cores.

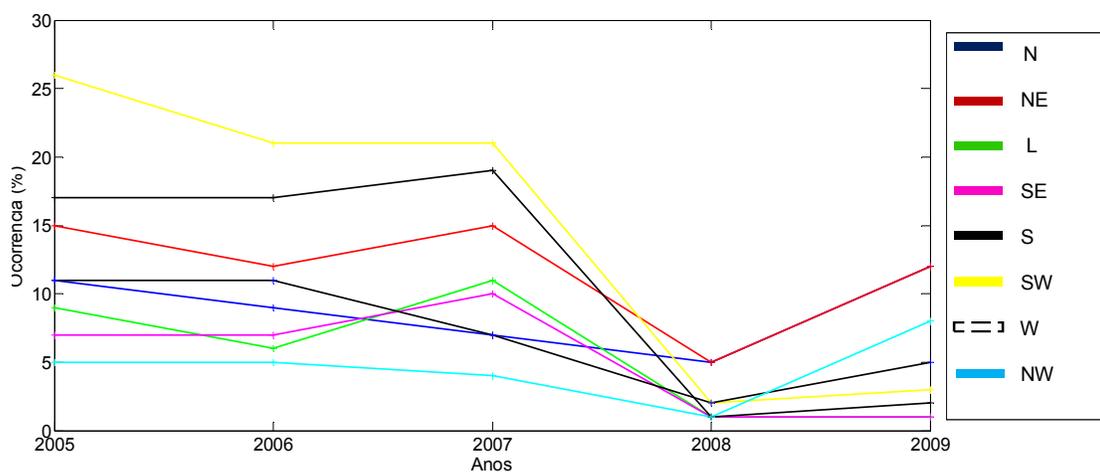
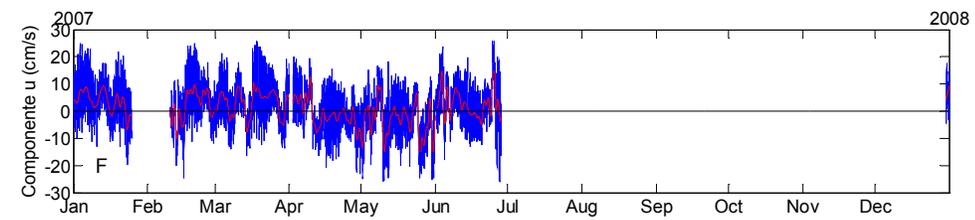
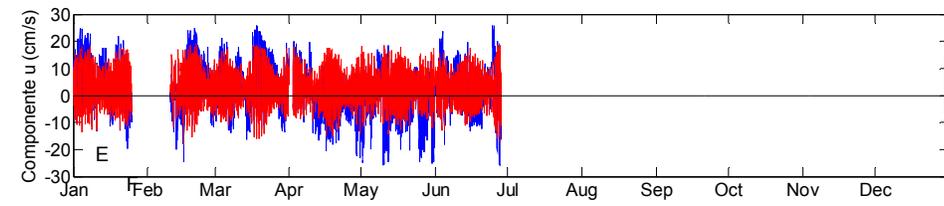
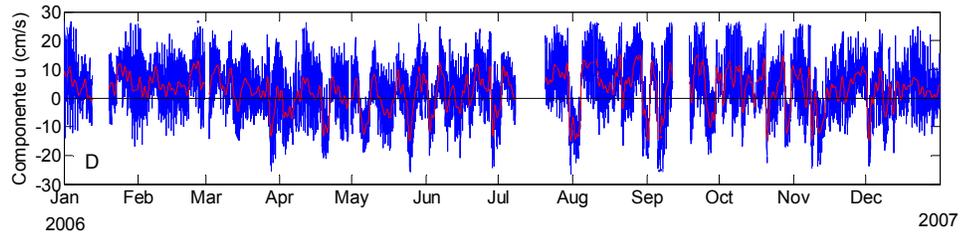
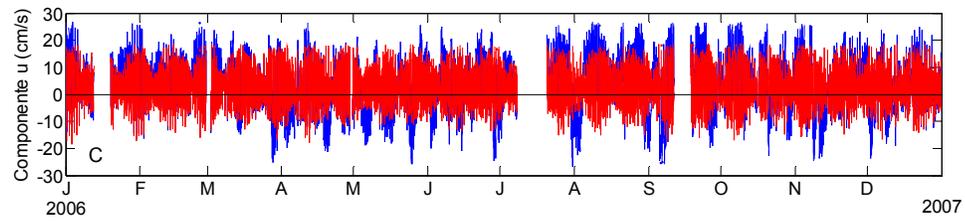
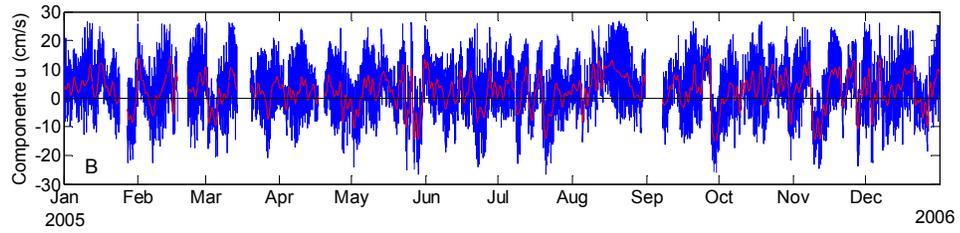
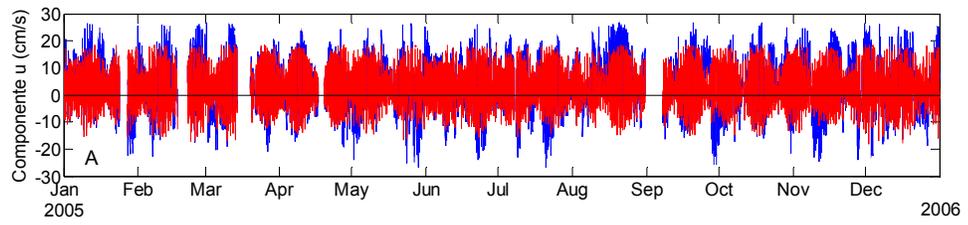


Figura 12 – Frequência de ocorrência de direções de corrente na estação #506 no período seco nos anos de 2005 a 2009 codificado por cores.

#### 4.2.1 Dados filtrados

A estação #106 teve a componente transversal à costa da corrente (figura 13) apresentando pouca variação anual e entre os anos. A banda supra-inercial tem correlação de 0,7 com os dados brutos. A análise de maré explica 50% dos dados e tem como velocidade máxima de 0,21m/s. A componente semi diurna M2 teve amplitude de 0,08m e componente diurna S2 0,08m. Teixeira (2006) encontrou resultados próximos para os dados de maré e Castro *et. al* (2013) constataram que na plataforma interna a maré tem maior influência nos dados, na plataforma média a maré explica somente 30% dos dados. Não foi observada diferença significativa entre as médias de velocidade nos períodos seco e chuvoso, ambos apresentando o valor 0,019m/s. A banda sub inercial tem correlação de 0,59 dos dados observados. Sua média é de  $0,022 \pm 0,02$  m/s. Nos períodos chuvoso e seco a média das correntes é de  $0,024 \pm 0,049$  e  $0,019 \pm 0,054$  m/s respectivamente.



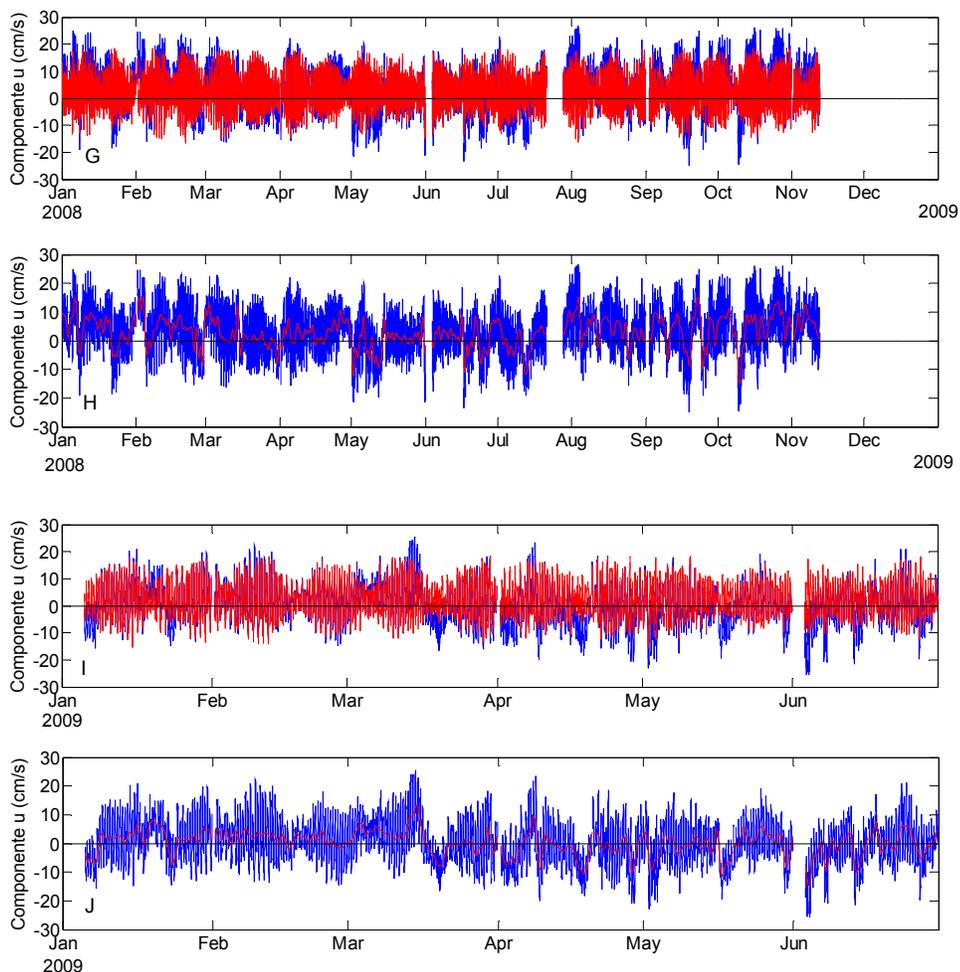
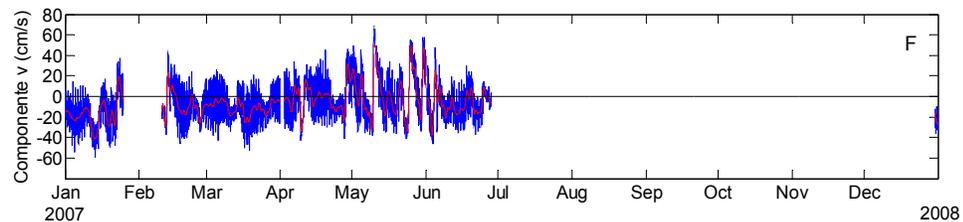
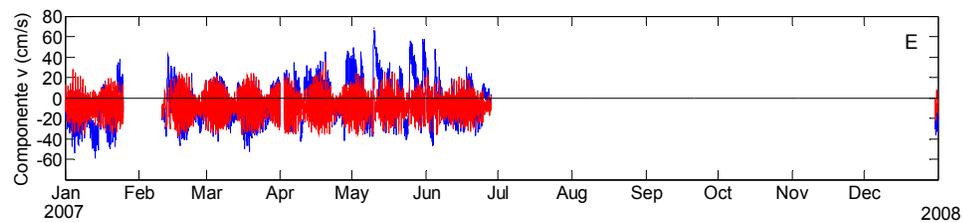
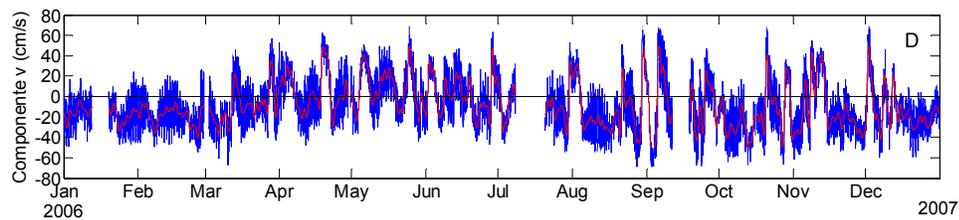
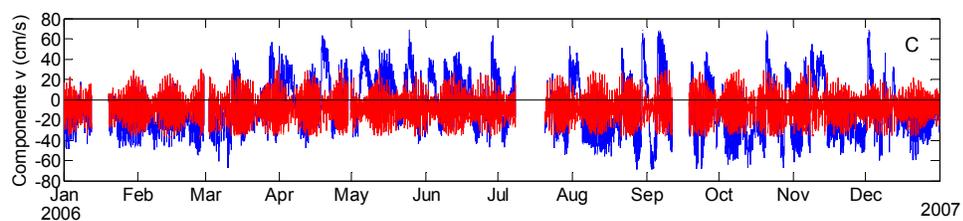
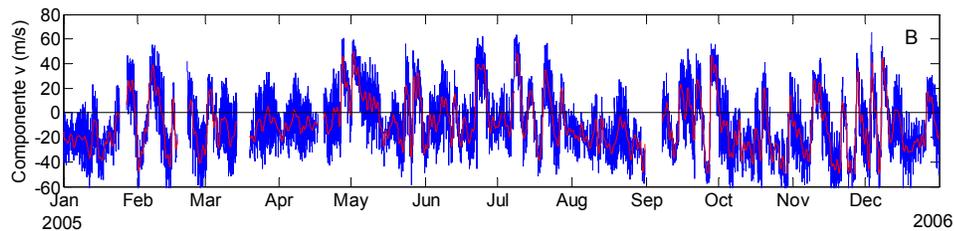
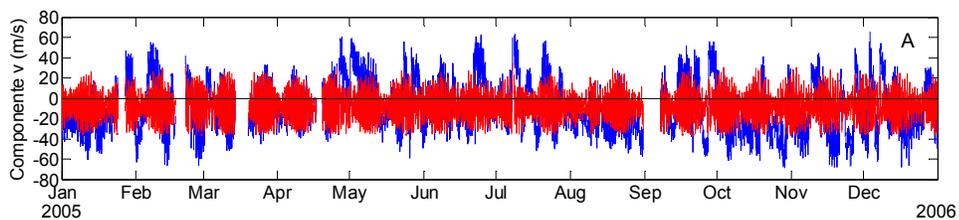


Figura 13 - Série temporal da componente transversal da corrente nos anos de 2005 a 2009 em cm/s na estação #106. A, C, E, G e I: em vermelho os dados filtrados na banda supra inercial e em azul, em azul os dados brutos. B, D, F, H e J: em vermelho os dados filtrados na banda sub inercial e em azul, os dados brutos.

A componente paralela à costa tem sua série apresentada na figura 14 e teve a banda supra inercial com média de velocidade de  $-0,078 \pm 0,013\text{m/s}$ . Esse valor é um pouco maior que o encontrado em trabalhos anteriores, de Teixeira *et. al*, (2013) e Castro *et. al*. (2013), mas a diferença não é significativa. A banda supra inercial tem correlação de 0,57 com os dados observados. A maré astronômica explica 57% dos dados observados da componente paralela à costa e suas correntes tem velocidade máxima de 0,44m/s. A banda sub inercial teve correlação de 0,8 e velocidade média de  $-0,080 \pm 0,180$ . Pode-se observar mudança nas médias dos períodos chuvoso e seco de  $-0,102 \pm 0,197\text{m/s}$  para  $-0,057 \pm 0,160\text{m/s}$ . Correntes são mais fortes no período chuvoso seguindo a tendência dos ventos de nordeste que são mais intensos neste período. Os valores são negativos porque a direção de maior ocorrência de direção é a para sudoeste.



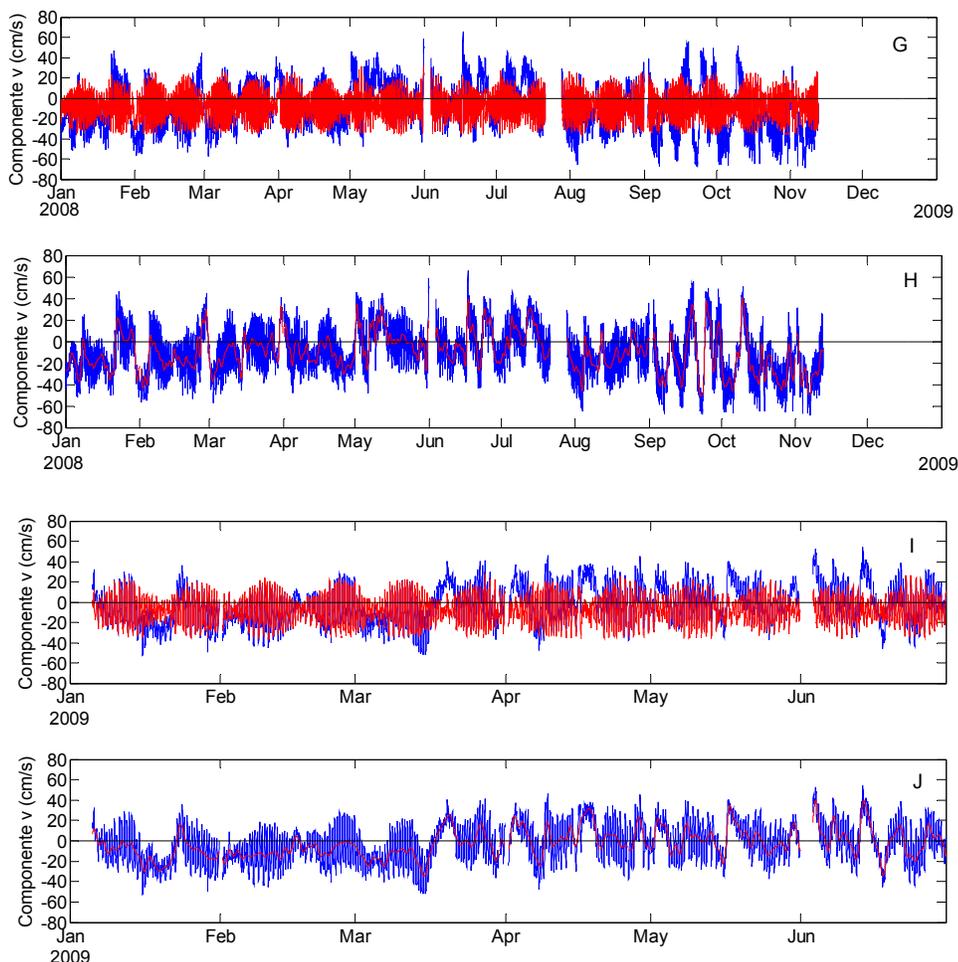
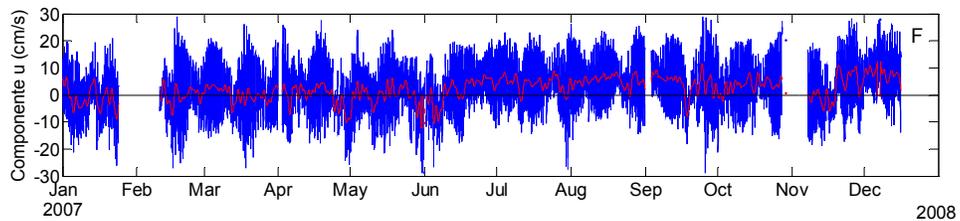
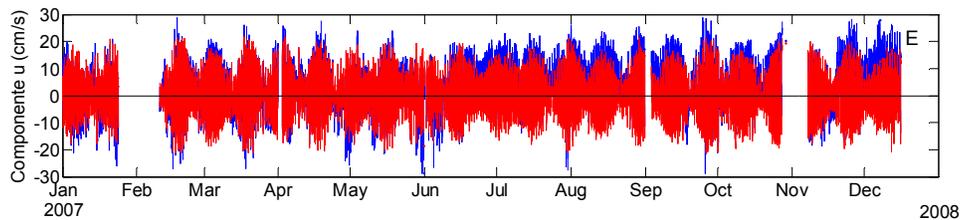
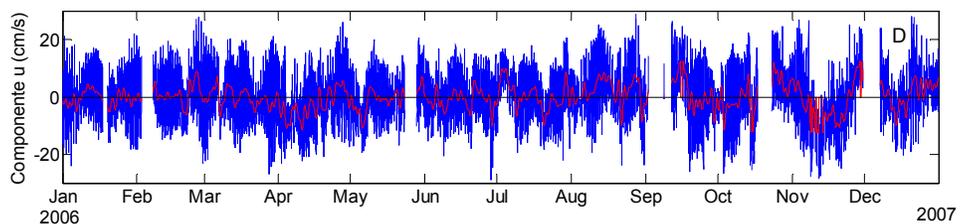
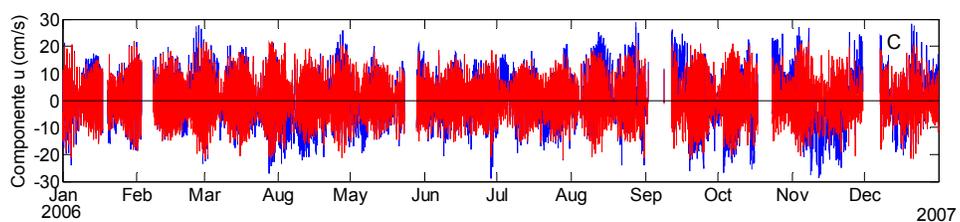
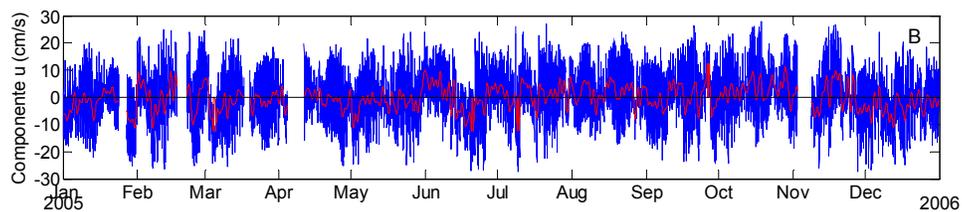
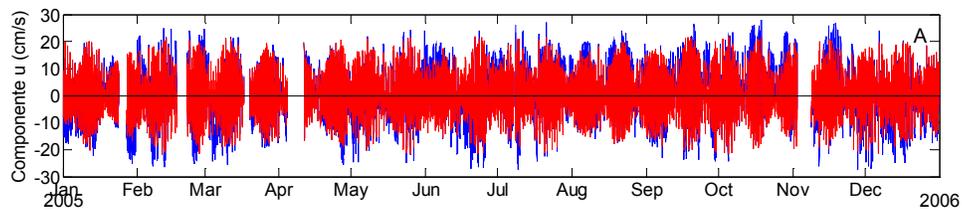


Figura 14 - Série temporal da componente paralela da corrente para os anos de 2005 a 2009 em cm/s na estação #106. A, C, E, G e I: em vermelho os dados filtrados na banda supra inercial, em azul os dados brutos. B, D, F, H e J: em vermelho os dados filtrados na banda sub inercial e em azul, os dados brutos.

A estação #506 teve resultados ligeiramente diferentes da anterior. A banda supra inercial da corrente teve média de  $-0,002 \pm 0,070$  m/s. A maré astronômica tem maior influência nas correntes dessa estação porque ela tem correlação maior com os dados de corrente, de 0,64. As componentes M2 e S2 possuem os mesmos valores de amplitude da estação anterior, ou seja, 0,08m. A componente u (transversal à costa) de maré tem velocidade máxima de 0,210m/s. Talvez o favorecimento de outras direções de corrente, ocasionado pelas barreiras impostas pelos recifes presentes nessa área, seja responsável pela maior influência da maré. Uma vez que a maré tem maior relação com a componente transversal e nesta estação há maior ocorrência das direções leste e oeste. A banda sub inercial teve média de  $0,002 \pm 0,040$  m/s e tem correlação de 0,47 com os dados observados. Durante o período seco a média fica em  $0,006 \pm 0,04$  m/s e no período chuvoso fica em  $-0,009 \pm 0,040$  m/s. Isso indica que existe uma sazonalidade nos padrões de corrente que se

direciona para o continente no período chuvoso empilhando água na costa e no período seco tem sentido *offshore*.



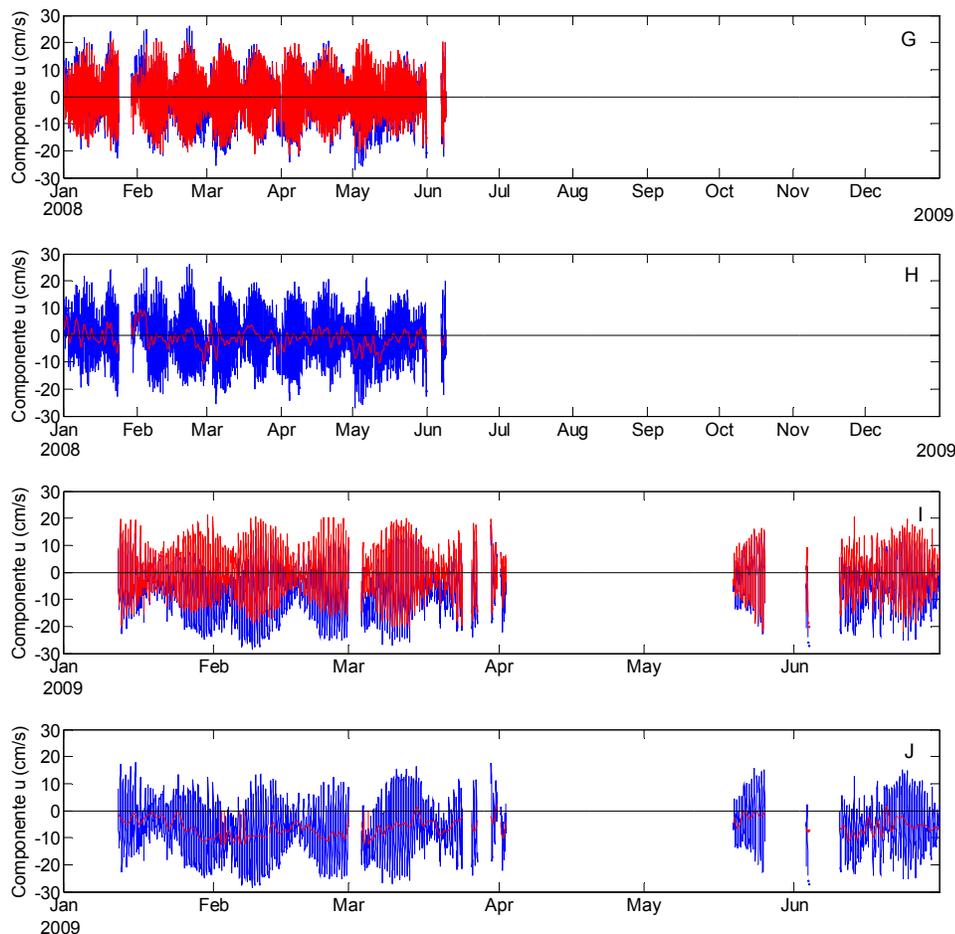
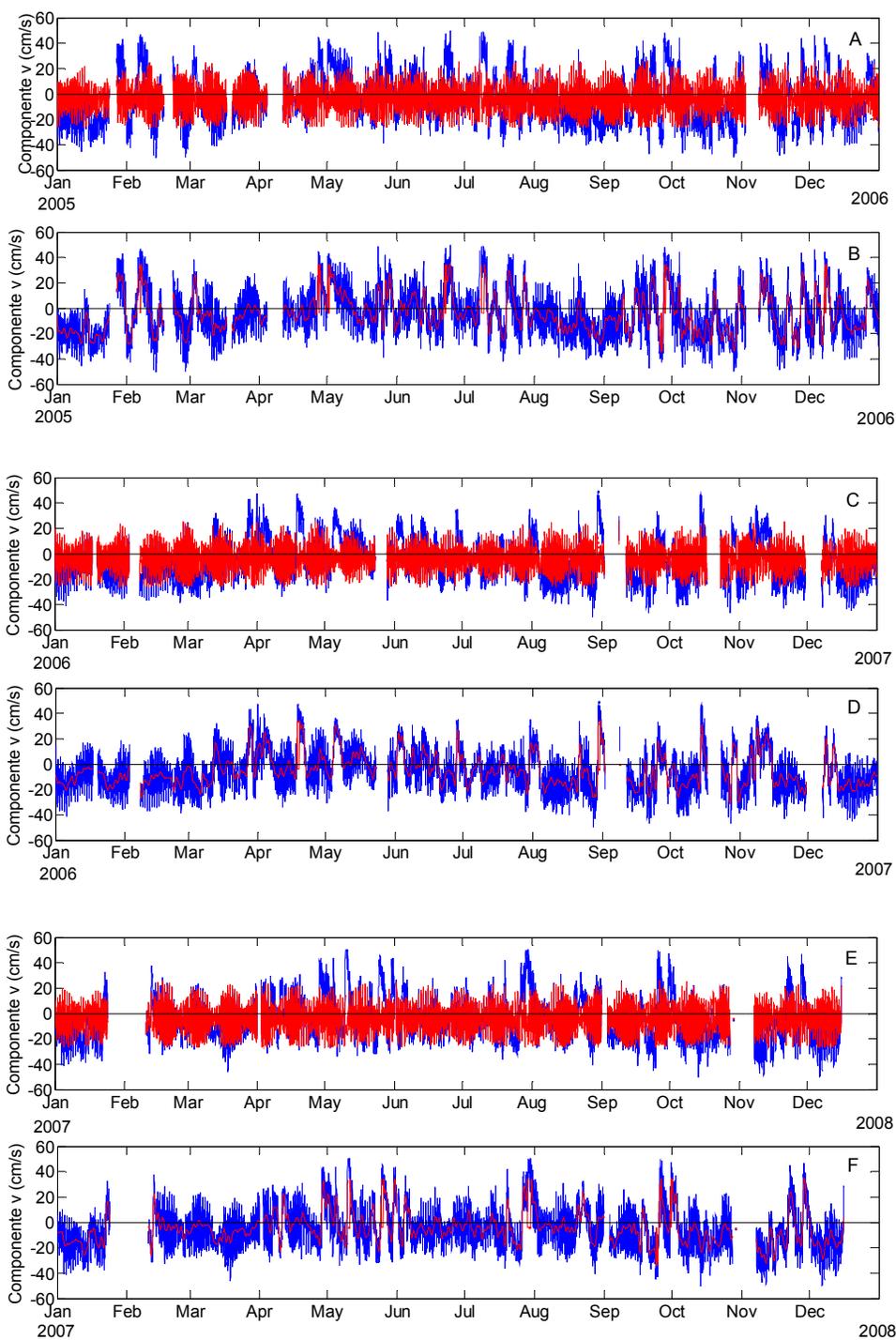


Figura 15 - Série temporal da componente transversal da corrente para os anos de 2005 a 2009 em cm/s na estação #506. A, C, E, G e I: em vermelho os dados filtrados na banda supra inercial, em azul, os dados brutos. B, D, F, H e J: em vermelho os dados filtrados na banda sub inercial, em azul, os dados brutos.

A banda supra inercial da componente paralela à costa da teve valor médio de  $-0,030 \pm 0,08$  m/s com máximo de  $0,270$  m/s (figura 16). A maré astronômica corresponde a 37% dos dados observados e sua corrente tem máximo de  $0,320$  m/s. A correlação foi de  $0,59$ . O período seco teve média muito próxima com o chuvoso, de  $0,030$  m/s. A banda sub inercial teve valor médio de  $-0,040 \pm 0,100$  m/s e corresponde a 75% dos dados. No período seco, a média encontrada foi  $-0,030 \pm 0,110$  m/s, enquanto que no período chuvoso foi de  $-0,050 \pm 0,100$  m/s.



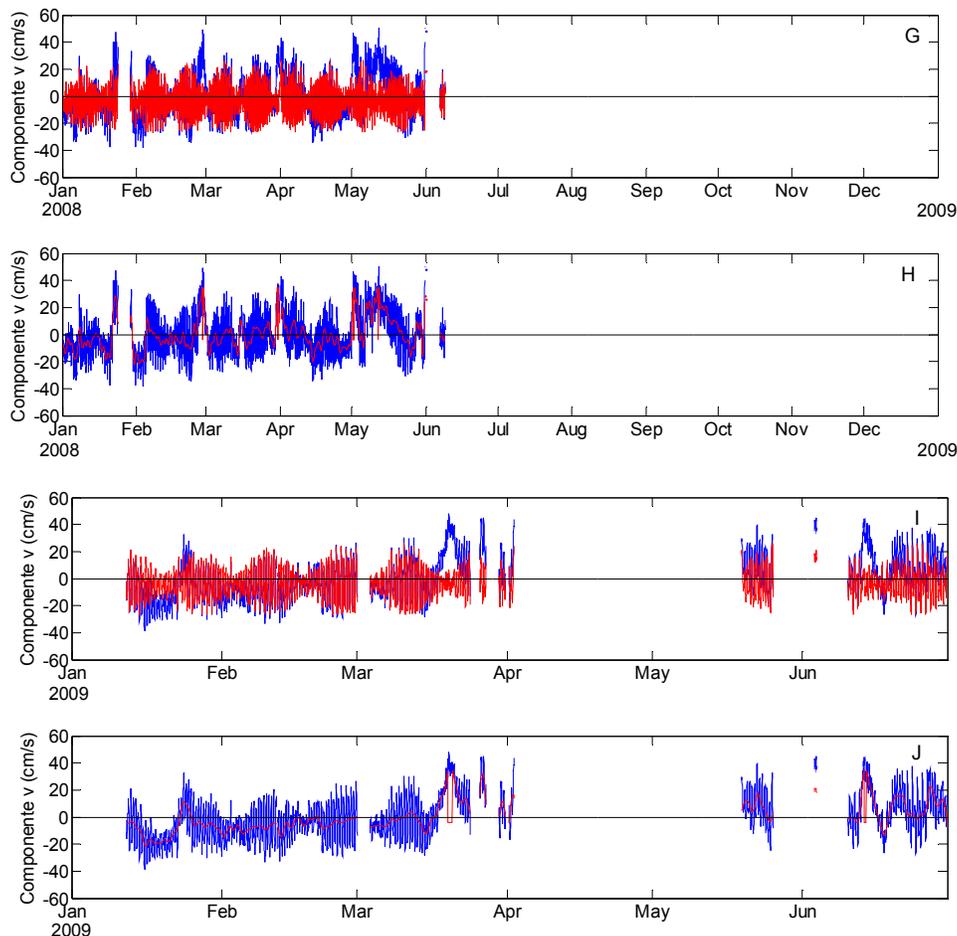


Figura 16 - Série temporal da componente transversal da corrente para os anos de 2005 a 2009 em cm/s na estação #506. A, C, E, G, e I: em vermelho os dados filtrados na banda supra inercial, em azul, os dados brutos. B, D, F, H e J: em vermelho os dados filtrados na banda sub inercial, em azul, os dados brutos.

### 4.3 CORRELAÇÃO ENTRE OS DADOS DE VENTO E CORRENTE

Existe correlação entre o vento e a corrente nas componentes paralelas à costa na banda sub inercial, com valores próximos ao encontrado por Castro *et. al* (2013) de 0,63 e 0,55 em #506. Concomitante foi calculada a correlação cruzada entre os dados e não observado atraso as correntes e o vento. Na plataforma média, os autores encontraram atraso de resposta das corrente e atribuíram esse resultado ao tempo de resposta local aos ventos remotos, que são os de maior influência nessa região. Na plataforma interna, as correntes apresentam reposta imediata à variabilidade do vento. A plataforma mais externa tem os valores de  $u$  (componente transversal) não tão pequenos, de modo que há maior troca de massas de água, bem como sedimentos entre o oceano aberto e a plataforma e entre os canais de Sueste e Abrolhos.

A banda sub inercial da componente transversal à costa na estação #106 teve um valor de 0,38 de correlação a componente homônima do vento, enquanto que a componente paralela à costa teve um resultado mais expressivo, com correlação de 0,64. Já na estação #506 só foi observada correlação entre as componentes paralelas à costa do vento e corrente na banda sub inercial.

#### 4.4 PERIODOGRAMA DE LOMB-SCARGLE

De modo a compreender melhor a variabilidade da série dos dados de vento e de corrente foram feitos periodogramas de Lomb-Scargle. Os dados foram reduzidos a intervalos diários e os resultados foram apresentados em função desse espaçamento. Os resultados são apresentados em forma da frequência como função da potência espectral ( $p$ ) em  $m^2/s^2$ , isto é, são apresentadas as frequências associadas à maiores energias para a região de estudo. A frequência foi convertida em período para melhor comparar os dados. As figuras 17 a 22 apresentam os gráficos do periodograma. A linha horizontal em vermelho indica o nível de confiança de 90%.

##### 4.4.1 Dados de vento

As componentes transversal e paralela do vento apresentaram um forte componente sazonal, sendo o sinal de maior energia o único encontrado acima do limite de confiança de 90%. Pode-se observar pelo gráfico da figura 17 abaixo sobre a componente transversal, que além do componente anual, existe um sinal semianual pronunciado, assim como os sinais com períodos de aproximadamente de 100, 50 e 15 dias, embora estes últimos não sejam significativos. A presença de diversos picos abaixo de 50 dias mostra a razoável ocorrência de eventos de menor período (i.e., de alta frequência). Teixeira (2006) também encontrou picos de energia de períodos mais baixos (próximos a 20 dias) e os relacionou com a passagem de frente fria. A componente paralela à costa da figura 18 apresenta maior intensidade além de um pico em 70 – que não foi significativo neste trabalho - também encontrado por Teixeira (2006) no espectro de ondeletas e Teixeira *et. al.* (2013) na transformada de Fourier. Também é possível observar que existe uma grande energia concentrada em períodos menores que vinte dias, indicando forte atuação de frentes frias.

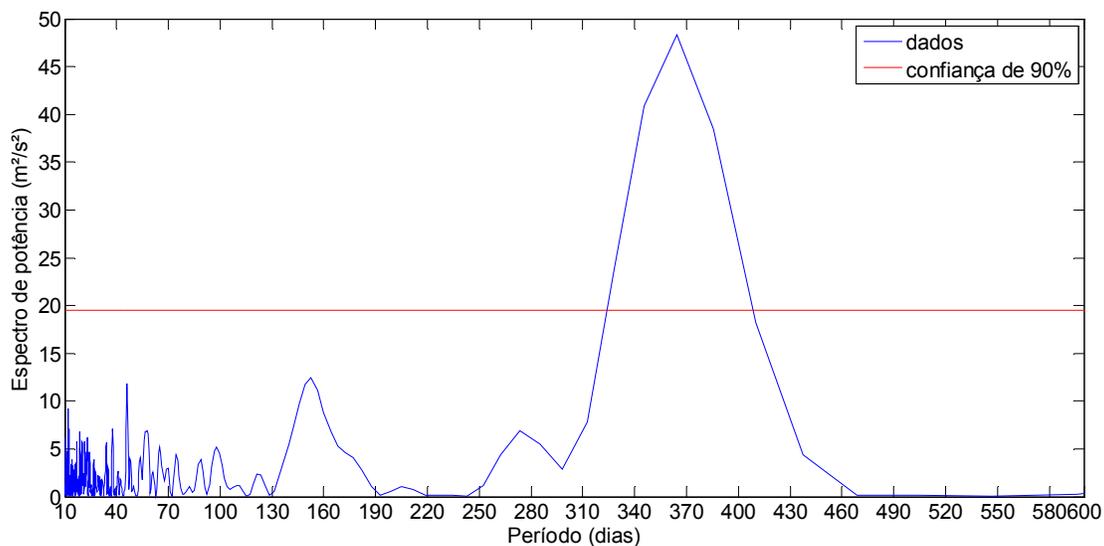


Figura 17 - Periodograma de Lomb-Scargle da componente transversal à costa do vento para o período de 2005 a 2009.

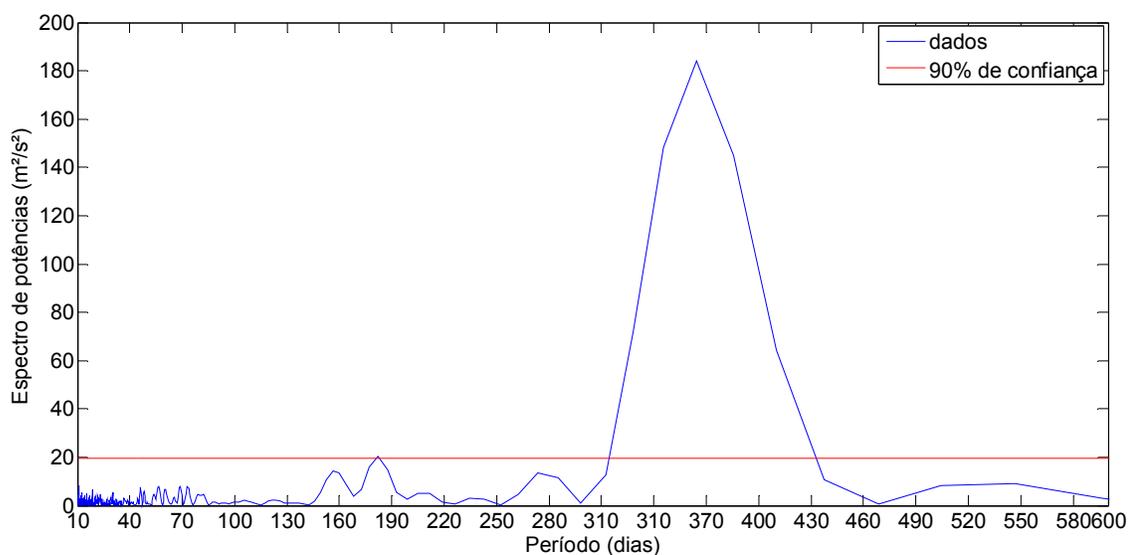


Figura 18 - Periodograma de Lomb-Scargle da componente paralela à costa do vento para o período de 2005 a 2009.

Pode-se observar, a partir dos gráficos, que há uma maior energia associada à componente paralela à costa, além da sazonalidade estar melhor demarcada na série e estar sempre acima dos limites de confiança. Os picos de menor frequência são encontrados principalmente na componente transversal, o que está de acordo com resultados encontrados por Teixeira (2006) que sugere uma relação com a passagem de frentes frias.

#### 4.4.2 Dados de correntometria

Os dados de corrente apresentaram semelhanças com o observado nos dados de vento. A componente  $u$  na estação #106 (figura 19) apresenta semelhanças com a componente homônima do vento: picos de energia em 360 e 180 dias. Diferente do observado no vento, a corrente apresenta influência significativa dos fenômenos sazonais de aproximadamente seis meses além do ciclo anual. Teixeira (2006) não encontrou nenhum ciclo sazonal significativo no espectro de ondas, possivelmente porque nos anos posteriores a ação de eventos interanuais como El Niño e La Niña foi observada em todos os anos do estudo. O primeiro ocorreu em 2004-2005, 2006-2007 e 2009-2010 e o segundo em 2007-2008.

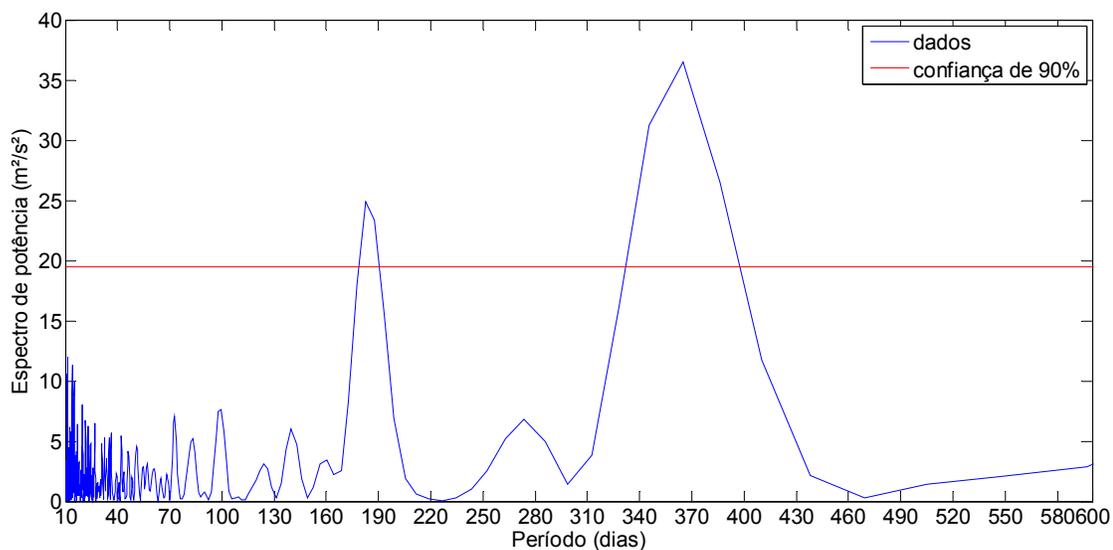


Figura 19 - Periodograma de Lomb-Scargle da componente transversal à costa da estação #106 para o período de 2005 a 2009.

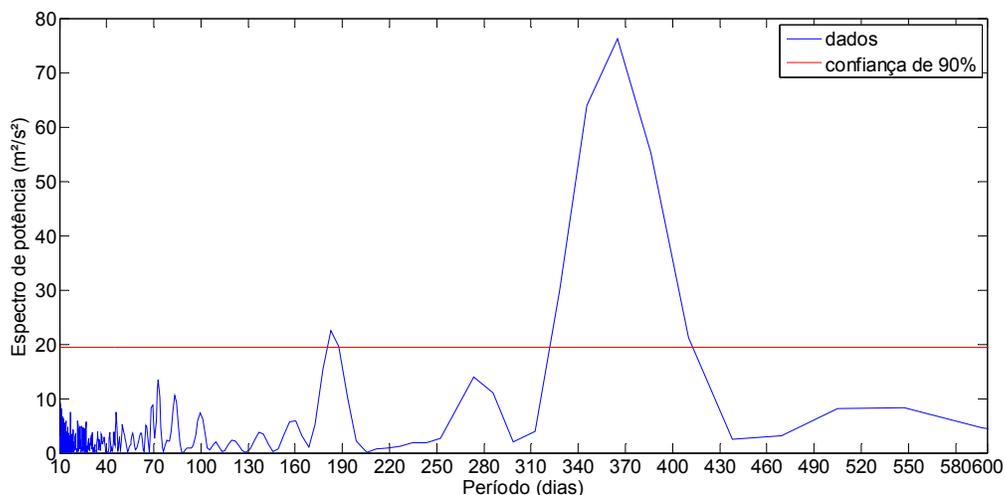


Figura 20 - Periodograma de Lomb-Scargle da componente paralela à costa da estação #506 para o período de 2005 a 2009.

A estação #506 apresentou resultados próximos à outra estação: componente transversal de maior energia no evento anual (figura 21), outra concentração no período semianual, em 100. Embora haja concentração de energia nos períodos de 60 dias e próximo a 40 dias, estes valores não foram significativos no presente trabalho. Adicionalmente, é possível perceber um pico de energia significativo em 130 dias que pode ser devido a formação ou passagem de vórtices na plataforma oriundos da Corrente do Brasil. A componente paralela apresenta picos de 360, 180, 100, 80 e próximo a 20 dias, mas apenas o período anual foi significativo (figura 22). Teixeira *et. al.* (2013) também encontraram picos em 40 e 16 dias e anuais. Diferente dos gráficos anteriores, a energia é muito próxima entre as duas componentes pode ser oriunda da barreira física dos recifes ao escoamento na direção NE/SW. Nessa estação a ocorrência das direções zonais (leste e oeste) é maior apesar de se manter o predomínio das correntes para sudoeste.

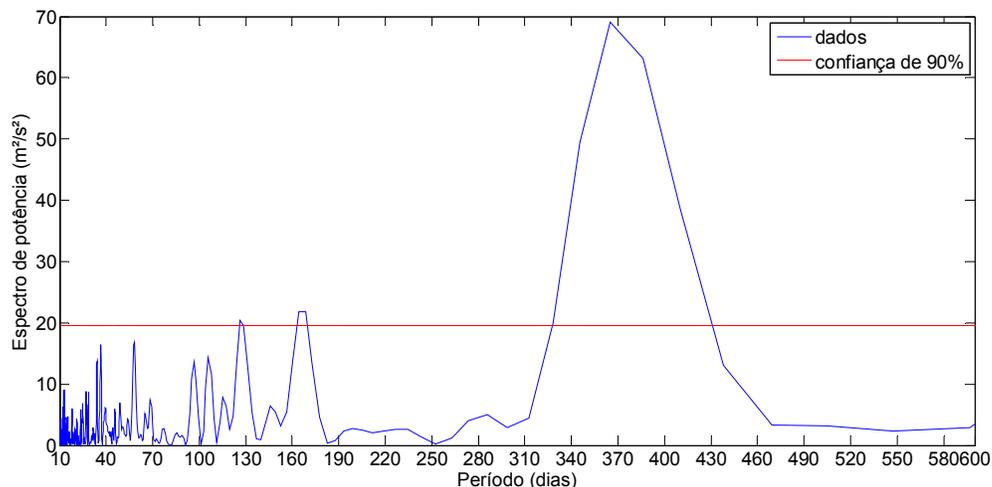


Figura 21 - Periodograma de Lomb-Scargle da componente transversal à costa da estação #506 para o período de 2005 a 2009.

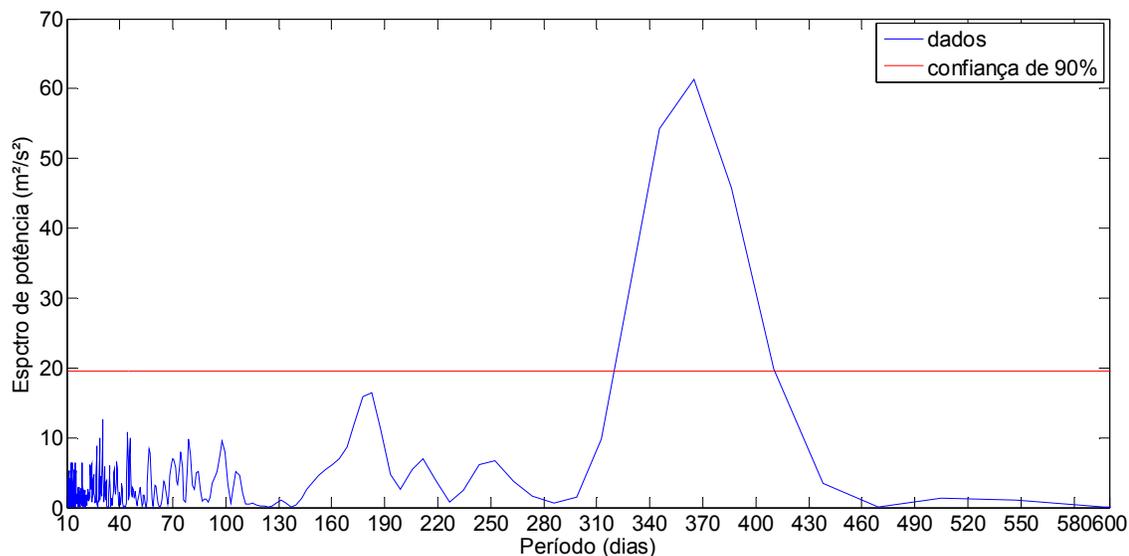


Figura 22 - Periodograma de Lomb-Scargle da componente paralela à costa da estação #506 para o período de 2005 a 2009

## 4.5 ESPECTRO DE ONDELETAS

O periodograma de Lomb-Scargle mostra um espectro de energia representativo para todos os anos do período estudado. De modo a compreender a variabilidade interanuais, utilizou-se a técnica de ondeletas para analisar esta variabilidade. A análise foi aplicada aos dados sub-inerciais porque a outra banda produz um ruído que impede a investigação dos outros sinais. As figuras apresentadas a seguir são o espectro de potência de ondeletas representado em uma escala de cores. Os anos são representados no eixo x e os períodos no eixo y. Na lateral se encontra o espectro global de energia de toda a série temporal.

### 4.5.1 Dados de vento

A componente transversal do vento apresentou um padrão previsto pelo periodograma com concentração de energia em 16 e 360 dias (figura 23). Os períodos de maior homogeneidade são de 128 e 360 dias, entre 2006 e 2008. A concentração de energia nos períodos menores que 20 dias indicam a passagem de sistemas frontais na região. A componente paralela à costa tem energia concentrada no período de 2 a 64 dias e depois em 170 e 360 dias (figura 24). É possível observar que as maiores variações na intensidade – nesse caso por indicação na escala de cores – ocorre na componente transversal à costa. Também é possível observar, nas duas componentes, que a maior intensidade é observada nos fenômenos sazonais de período de um ano. Há também um forte caráter sazonal. Há uma

alta concentração de energia nos períodos de menos de 20 dias, indicados como passagens de frentes frias durante período seco, o que também foi observado por Teixeira et. al. (2013).

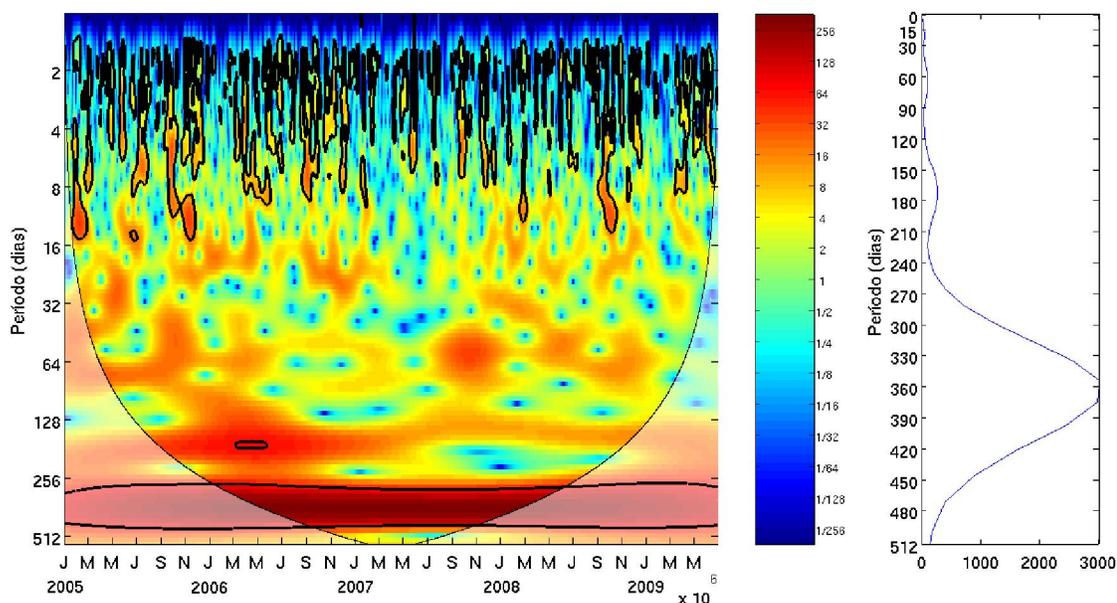


Figura 23 - Espectro de potência de ondeleta da componente transversal à costa do vento. A barra de cores indica o espectro de energia, que é adimensional. O cone delimita a área de interesse do gráfico. Onde há linhas mais grossas estão as regiões com limite de confiança superior a 90%. À direita, o espectro global de energia.

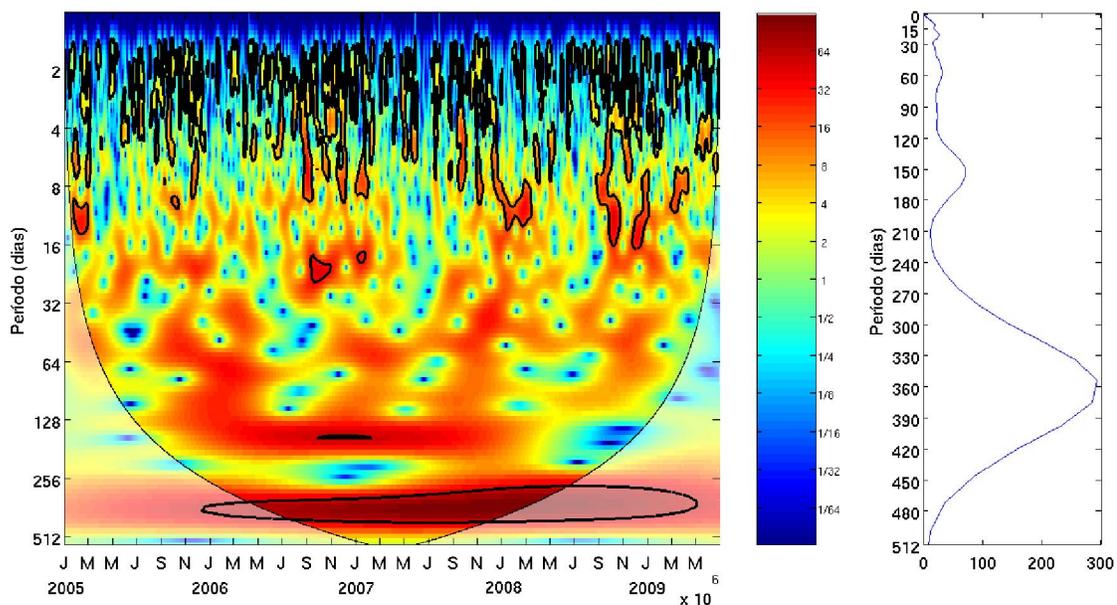


Figura 24 - Espectro de potência de ondeleta da componente paralela à costa do vento. A barra de cores indica o espectro de energia, que é adimensional. O cone delimita a área de interesse do gráfico. Onde há linhas mais grossas estão as regiões com limite de confiança superior a 90%. À direita, o espectro global de energia.

#### 4.5.2 Dados de correntometria

O espectro de ondeletas indicou forte influência de eventos de periodicidade de seis meses a um ano nos dados de corrente, a exemplo da migração da ZCIT, da ZCAS, dos VCAN. A componente transversal à costa apresenta maior concentração de energia nos períodos de 2, 6, 8, 16, 120 e 360 dias (figura 25). Maiores concentrações de energia são observadas no período de 8 a 64 dias nos meses de janeiro a março e maio a junho e novembro de 2005, junho de 2006 a janeiro de 2007, maio a julho de 2007 e novembro de 2007 a janeiro de 2008. Há também uma alta 'concentração de energia entre 4 e 16 dias. Ela corresponde à passagens de frentes frias, o que é observável nos meses de junho, setembro, novembro de 2005; maio, julho setembro de 2006; e setembro e outubro de 2008. Como observado anteriormente na tabela 4, há passagem de frentes frias nesses meses. O fortalecimento dos ventos de sudeste observado anteriormente propicia a entrada de frentes frias no sul da Bahia, e sua influência pode ser observada nos picos de energia.

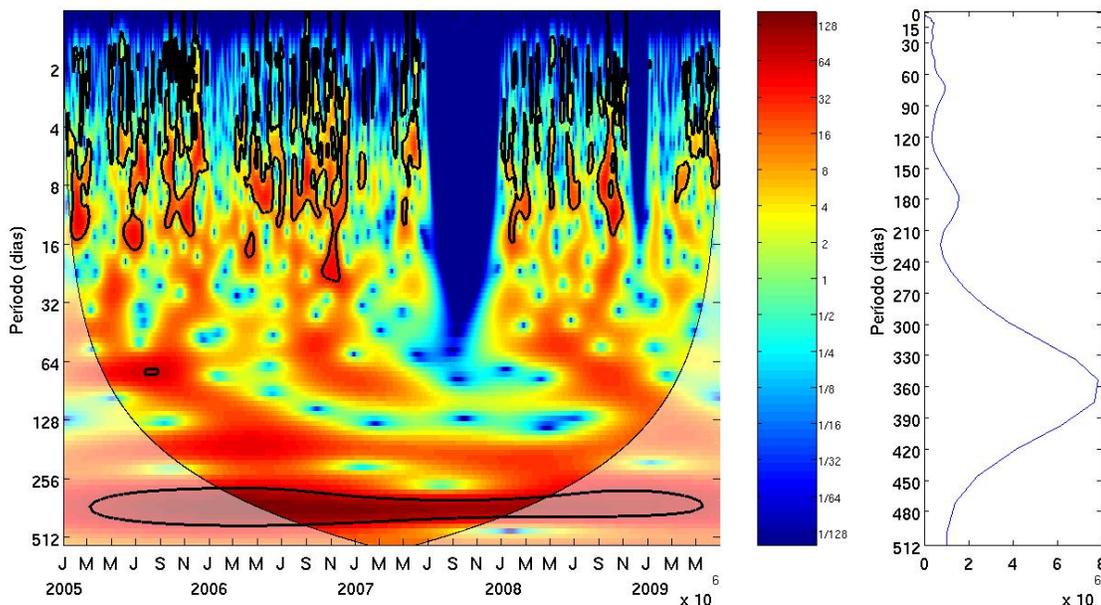


Figura 25 - Espectro de potência de ondeleta da componente transversal à costa da estação #106. A barra de cores indica o espectro de energia, que é adimensional. O cone delimita a área de interesse do gráfico. Onde há linhas mais grossas estão as regiões com limite de confiança superior a 90%.

Na componente paralela à costa foi observado um padrão consistente com o observado na componente perpendicular, com concentração de energia entre 4 e 20 dias, com picos em março, julho e novembro de 2005; setembro e novembro de 2006; setembro a

novembro de 2008 como pode ser observado na figura 26. Em 2009, não houve uma expressiva diferença no gráfico, talvez por que nesse ano só foi verificada entrada de frente fria em junho, até onde estavam disponíveis os dados.

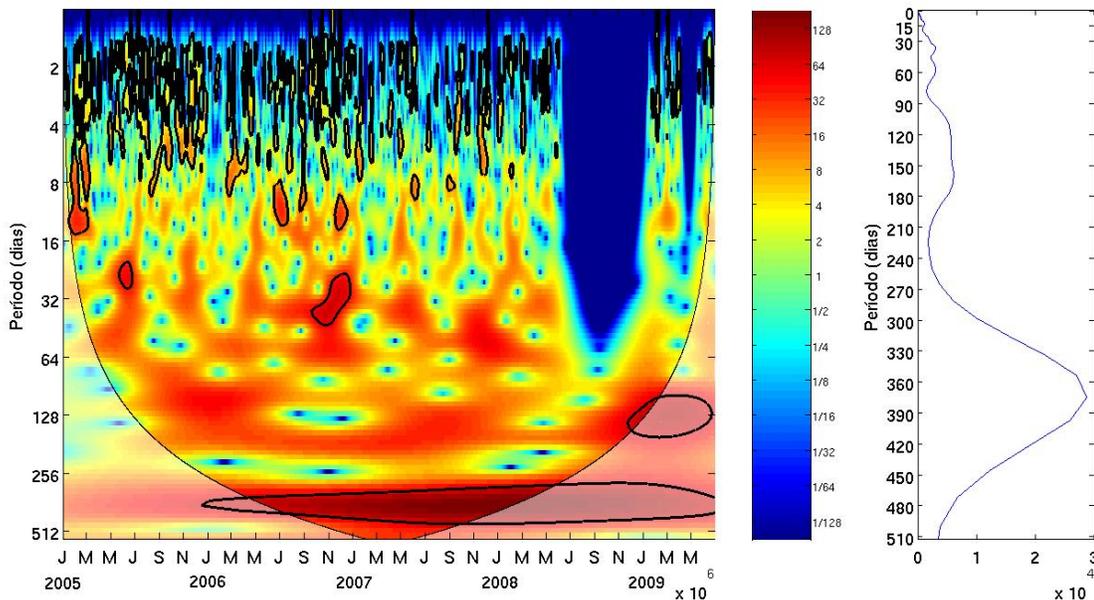


Figura 26 - Espectro de potência de ondeleta da componente paralela à costa da corrente da estação #106. A barra de cores indica o espectro de energia, que é adimensional. O cone delimita a área de interesse do gráfico. Onde há linhas mais grossas estão as regiões com limite de confiança superior a 90%.

A estação #506 apresentou diferenças no espectro de ondeletas em relação à estação descrita anteriormente. Além do pico nos períodos de 360 e 10 dias, a componente transversal (figura 27) apresenta dois momentos que podem ser destacados: no ano de 2005 foram registradas duas passagens de frente em cada mês no primeiro semestre, o que é muito superior à média dessa época nos anos seguintes. A componente  $v$  apresentou, além da alta energia nos períodos abaixo de 20 dias relativos a entradas de frente fria, foi observada uma oscilação parecida com a observada na outra componente, só que no mês de setembro de 2005 (figura 28).

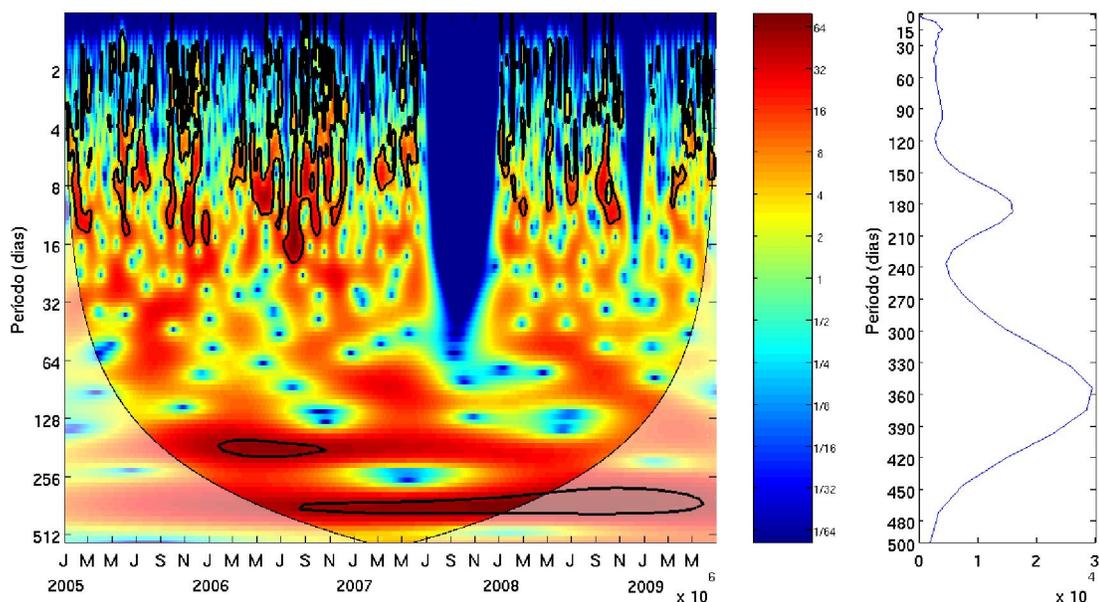


Figura 27 - Espectro de potência de ondeleta da componente transversal à costa da corrente da estação #506. A barra de cores indica o espectro de energia, que é adimensional. O cone delimita a área de interesse do gráfico. Onde há linhas mais grossas estão as regiões com limite de confiança superior a 90%.

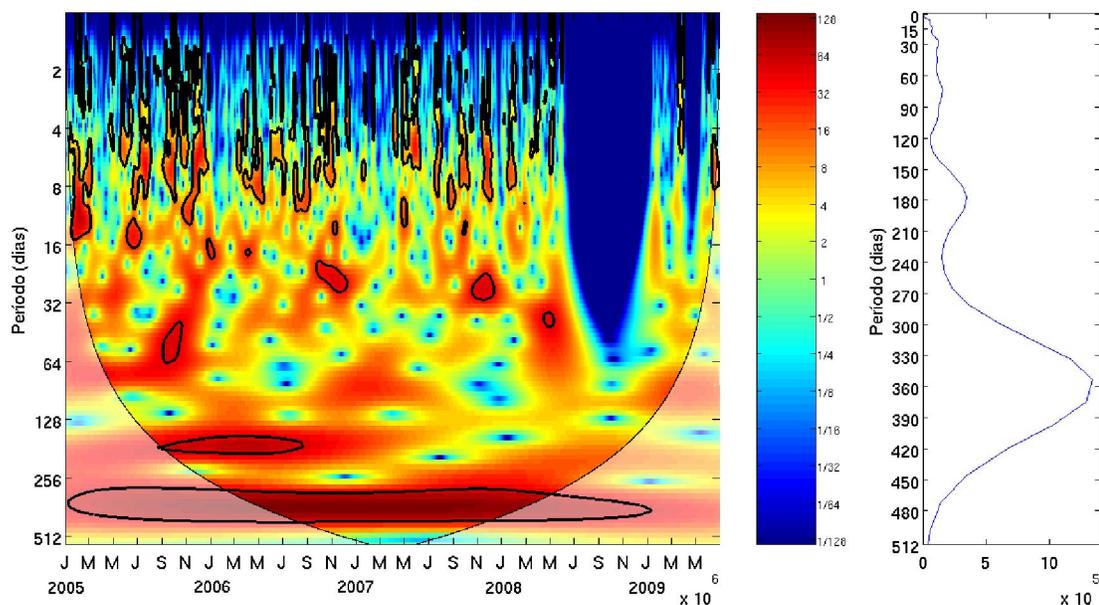


Figura 28 - Espectro de potência de ondeleta da componente paralela à costa da corrente da estação #506. A barra de cores indica o espectro de energia, que é adimensional. O cone delimita a área de interesse do gráfico. Onde há linhas mais grossas estão as regiões com limite de confiança superior a 90%.

## 5 CONCLUSÕES

Neste trabalho analisou-se séries temporais de dados de vento e das duas estações (#106 e #506) do canal de Sueste no banco de Abrolhos no período de janeiro de 2005 a junho de 2009. Com base nesses dados foi possível caracterizar a hidrodinâmica da região, bem como o padrão de ventos e a importância relativa das bandas sub e supra- inerciais nos registros. Pôde-se concluir que:

1 - Há uma diferença marcante no padrão de ventos entre os períodos seco e chuvoso, com o primeiro apresentando maior ocorrência de nordeste, leste e oeste, com aumento gradativo dos ventos de sul e sudeste com o passar dos anos. O segundo tem predominância dos ventos de nordeste, em especial por efeito das ZCAS e ZCIT que intensificam os alísios de nordeste no verão.

2 - As correntes seguem no geral a orientação do canal e tem um padrão bimodal com predomínio de corrente para sudoeste, pela maior intensidade dos ventos de nordeste.

3 A estação #506 tem um padrão de corrente um pouco diferente por ter uma barreira de recifes de corais ao fluxo na direção nordeste- sudoeste, favorecendo fluxos zonais de oeste. As médias são menores porque na estação #106 o canal é mais fundo e estreito, resultando em velocidades maiores. Logo a complexa batimetria do local tem papel marcante na hidrodinâmica local mesmo em regiões próximas entre si.

4 Nos dados filtrados de vento foi observado um padrão sazonal na componente ao longo da costa de aumento no período chuvoso por fortalecimento dos ventos de nordeste oriundo do deslocamento para sul dos VCAN. A banda que melhor explicou o comportamento dos dados foi a sub- inercial, com correlação de 0,88 na componente v e 0,55 na componente u, que teve melhor correlação com a banda supra- inercial.

5 Os dados filtrados de corrente apresentaram pouca variação com o passar dos anos. A maré explica 64% da componente u e 40% da componente v na estação #106 com valor máximo de 0,44 m/s. A componente v é aproximadamente duas vezes maior que a componente u. A componente paralela à costa se relaciona mais intensamente com a banda sub inercial, resultando numa correlação de 0,8. A maior intensidade das corrente ocorre no período chuvoso por influência dos ventos de nordeste.

6 Só foi encontrada correlação entre as componentes paralelas à costa das correntes e do vento, com correlações de 0,64.

7 O periodograma de Lomb-Scargle indicou forte componente sazonal para os períodos entre 40 e 60 e abaixo de 30 dias em todos os dados.

8 O espectro de ondeletas indica períodos parecidos com o periodograma. A componente paralela do vento apresenta um forte caráter sazonal, além da forte influência da passagem de frentes frias. A componente transversal das correntes tem forte imposição do sistema de frentes e eventos de menor período. Na estação #506 é possível que tenha sido detectada uma OMJ com período de 40 a 60 dias. A componente  $v$ , além desse período, possui uma perturbação de 45 dias em setembro de 2005, possivelmente associada ao deslocamento da ZCAs e a OMJ.

9 Há diferenças na circulação nas estações #506 e #106 devido à presença dos recifes, bem como das estruturas isoladas e chapeirões típicos do Arco Interno de Abrolhos. Os dados apresentaram inclusive uma variabilidade nos sinais no espectro de ondeletas, o que pode indicar diferentes forçantes apesar dos fundeios serem próximos.

Recomenda-se como estudos futuros:

1- O estudo direcionado das ondas de gravidade superficiais e internas de modo a propiciar a compreensão dos fenômenos supra inerciais além da maré.

2- Investigar a troca de massas d'água e de material em suspensão entre os dois canais do Banco de Abrolhos, bem como o estudo do avanço das ondas do oceano aberto e sua interação com os bancos de recifes e chapeirões. Adicionalmente poderiam ser instaladas novas estações no canal de Abrolhos e implantados ADCPs para o perfilhamento da coluna d'água.

3- Investigar a contribuição dos rios bem como um possível entranhamento da Corrente do Brasil (vórtices) na região através da implantação de sensores termohalinos nas estações presentes e nas sugeridas no item anterior.

4- Complementar os estudos hidrodinâmicos com os do material em suspensão e morfodinâmica. Investigar a variabilidade da concentração de material particulado e relacioná-la com a banda sub inercial do vento e corrente. Este estudo contribuiria com o entendimento das condições a que os recifes da região estão submetidos e suas adaptações.

## 6 REFERÊNCIAS

Andrade, K. M. 2007. Comportamento dos sistemas frontais sobre a América do Sul. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos.

Andrade A. C. S. & Dominguez J. M. L. 2002. Informações Geológico- Geomorfológicas como Subsídios a Análise Ambiental: o Exemplo da Planície Costeira de Caravelas – Bahia. Boletim Paranaense de Geociências, 51: 9–17.

ANA – Agência Nacional das Águas. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em: 23/06/12.

Associação de pescadores de rede de arrastos, boeira, fundo de arraieira de Caravelas. 2009. Nova Cartografia Social dos Povos e Comunidades Tradicionais do Brasil: comunidade de pescadores de Caravelas, Sul da Bahia. Caravelas, BA: Casa 8 Design / Editora Universidade Federal do Amazonas.

Cameron W. M. & Pritchard D. W. 1963. Estuaries. In: HILL MN (Ed.). The sea: ideas and observations on progress in the study of the seas. Interscience, New York, p. 306–324.

Castro, B. M., Dottori, M., Pereira, A. F. 2013. Subinertial and tidal currents on the Abrolhos Bank shelf. Continental Shelf Research.

CEPEMAR. 2001. Environmental Impact Assessment EIA. Terminal de Barcaças para Embarque e Desembarque de Toras de Eucalipto da Aracruz Celulose S.A., em Caravelas BA. CPM RT033-01, 549p.

Chaves, R. R. 1999. Variabilidade da precipitação da região sul do Nordeste e sua associação com padrões atmosféricos. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos.

CNUMAD – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - Agenda 21. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 20/06/12.

Dutra, L. X. C., Kikuchi, R. K. P & Leão, Z. M. A. N. 2006. Effects of sediment accumulation on reef corals from Abrolhos, Bahia, Brazil. J. Coast. Res. SI, 39: 633–638.

Emery, W.J., Thomson, R.E., 2004. Data Analysis Methods in Physical Oceanography, 2nd ed., Elsevier Inc., New York.

Gan, M.A. 1982. Um estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera, nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e Leste do Brasil. Dissertação de mestrado, INPE. São José dos Campos.

CLIMANÁLISE– Climanálise. Boletim de Monitoramento e Análise Climática. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>. Acesso em: 20/11/2013. 2005- 2009.

Kousky, V. E. 1979. Frontal Influences on Northeast Brazil. Monthly Weather Review, 17: 1140-1153.

- Laborel, J. L., 1969a. Madreporaires et hydrocoralliaires recifaux des côtes brésiliennes. Systematique, ecologie, repartition verticale et geographie. Ann. Inst. Oceanogr. Paris, 47: 171-229.
- Leão, Z. M. A. N. 1999. Abrolhos - O complexo recifal mais extenso do Oceano Atlântico Sul. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. (Edit.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Publicado na Internet em 22/11/1999 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio090/sitio090.htm>
- Leão, Z. M. A. N.; Ginsburg, R. N. 1997. Living reefs surrounded by siliciclastic sediments: the Abrolhos coastal reefs, Bahia, Brazil. Proc. 8th INTERNATIONAL CORAL REEF SYMPOIUM, 8. Proceedings 2, 1767-1772.
- Leipe, T., Knoppers, B., Marone, E., Camargo, R., 1999. Suspended matter transport in coral reef waters of the Abrolhos Bank, Brazil. Geo-Marine Letters 19 (3), 186–195.
- Lessa, G. C.; Teixeira, C. E. P., Castro, C. B. 2005. Variabilidade da Turbidez e Taxas de Sedimentação na Zona Costeira de Caravelas (BA): Existem Evidências de Impacto das Atividades de Dragagem do Canal do Tomba nos Recifes Coral?. In: X Congresso da ABEQUA - (Associação Brasileira de Estudos do Quaternário), 2005, Guarapari – ES.
- Lessa, G. C., Cirano, M., 2006. On the circulation of a coastal channel within the Abrolhos Coral-Reef system-Southern Bahia, Brazilian Journal of Coastal Research 39(SI), 450-453.
- Lessa, T. F. 2010. Estudo da variação sazonal da turbidez na região do Complexo de Abrolhos e adjacências através de sensoriamento remoto e dados *in situ*. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, Salvador.
- Madden, R. A. and Julian, P. R. 1994. Description of global-scale circulation cells in the tropics with a 40-50 day period. Journal of Atmospheric Sciences 29.6 (1972): 1109-1123.
- MPA – Ministério da Pesca e Agricultura. 2012. Boletim estatístico da pesca e agricultura. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/index.php/informacoes-e-estatisticas/estatistica-da-pesca-e-aquicultura>. Acessado em 23/06/12.
- NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration. 1998. Our restless tides: a brief explanation of the basic astronomical factors which produce tides and tidal currents. Publicado na Internet no endereço <http://www.co-ops.nos.noaa.gov/pub.html>. Acesso em 27/06/12.
- Pawlowicz, R., Beardsley, B., Lentz, S., 2002. Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T-TIDE. Computers and Geosciences 28 (8), 929–937.
- Pereira, M. D.; Siegle, E.; Miranda, L. B. & Schettini, C. A. F. 2010. Hidrodinâmica e transporte de material particulado em suspensão em um estuário dominado por maré: estuário de Caravelas (BA). Revista Brasileira de Geofísica, 28(3):427-444.
- Pritchard, D. W. 1955. Estuarine Circulation Patterns. Proc. Amer. Soc. Civil Eng., 81: 1–11.
- Ravichandran, M. In: Operational Oceanography in the 21<sup>st</sup> Century. In- Situ Ocean Observing System. 2011. p. 55-90.
- Scargle, J. D. 1982. Studies in astronomical time series analysis. II. Statistical aspects of spectral analysis of unevenly spaced data. The Astrophysical Journal, 263; 835-853.

Schettini, C. A. F. & Miranda, L. B. 2010. Circulation and suspended particulate matter in a tidally dominated estuary: Caravelas estuary, Bahia, Brazil. *Braz. J. Oceanography*, 58(1); 1-11.

Schiller, A.; Brassington, G. *Operational Oceanography in the 21<sup>st</sup> Century*. Springer, 729 pp. 2011

Summerhayes, C., Mello, U. D., Barretto, H. 1976. The influence of upwelling on suspended matter and shelf sediments off southeastern Brazil. *Journal of Sedimentary Petrology*, 46(4), 819-828.

Teixeira, C. E. P. 2006. *Caracterização e Variabilidade da Hidrodinâmica da Zona Costeira Adjacente ao Banco de Abrolhos*. Dissertação de mestrado, Instituto Oceanográfico da USP, São Paulo.

Teixeira, C. E. P., Lessa, G. C., Cirano, M., Lentini, C. A. D. 2013. The inner shelf circulation on the Abrolhos Bank, 18°S, Brazil. *Continental Shelf Research*, 9(3); 1-14.

Torrence, C & Compo, G. P. 1998. A practical guide to wavelet analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79(1); 61-78.

Wolanski, E. & Bennett, A. F. 1983. Continental shelf waves on the circulation around the Great Barrier Reef. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 34; 23-47.