



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DE SÉRIES TEMPORAIS DE DADOS  
PROVENIENTES DE SENSORES REMOTOS E REANÁLISES NA  
REGIÃO DO OCEANO ATLÂNTICO SUDOESTE**

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA  
PIBIC/INPE - CNPq/MCT**

**Nórton Franciscatto de Paula** - Bolsista PIBIC/INPE – CNPq/MCT

**Laboratório de Meteorologia e Oceanografia por Satélites**

Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais

CRS/INPE - MCT

E-mail: [franciscatto\\_norton@hotmail.com](mailto:franciscatto_norton@hotmail.com)

**Dr. Ronald Buss de Souza** – Orientador

Chefe do Serviço do Projeto Antártico

Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais

CRS/CIE/INPE – MCT

E-mail: [ronald@dsr.inpe.br](mailto:ronald@dsr.inpe.br)

**Santa Maria, Junho 2010**

## **RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO PROGRAMA: PIBIC/INPE – CNPq/MCT**

### **PROJETO**

### **ANÁLISE ESTATÍSTICA DE SÉRIES TEMPORAIS DE DADOS PROVENIENTES DE SENSORES REMOTOS E REANÁLISES NA REGIÃO DO OCEANO ATLÂNTICO SUDOESTE**

Relatório elaborado por Nórton Franciscatto de Paula relatando as atividades executadas por:

**Nórton Franciscatto de Paula** – Bolsista PIBIC/INPE – CNPq/MCT

Laboratório de Meteorologia e Oceanografia por Satélites.

Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais

CRS/CIE/INPE – MCT

E-mail: [franciscatto\\_norton@hotmail.com](mailto:franciscatto_norton@hotmail.com)

**Dr. Ronald Buss de Souza** – Orientador

Chefe do Serviço do Projeto Antártico

Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais

CRS/CIE/INPE – MCT

E-mail: [ronald@dsr.inpe.br](mailto:ronald@dsr.inpe.br)

## DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

**Título: ANÁLISE ESTATÍSTICA DE SÉRIES TEMPORAIS DE DADOS PROVENIENTES DE SENSORES REMOTOS E REANÁLISES NA REGIÃO DO OCEANO ATLÂNTICO SUDOESTE**

### **Bolsista:**

**Nórton Franciscatto de Paula**

Curso de Meteorologia

Centro de Ciências Naturais e Exatas - CCNE/UFSM

Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/INPE - MCT

Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

### **Orientador:**

Dr. Ronald Buss de Souza

Chefe do Serviço do Projeto Antártico

Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE - MCT

### **Local de Trabalho/Execução do projeto:**

Laboratório de Meteorologia e Oceanografia por Satélites - CRS/INPE - MCT

Trabalho desenvolvido no âmbito do Convênio INPE - UFSM, através do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/INPE - MCT .

## **AGRADECIMENTOS**

O bolsista gostaria de agradecer especialmente:

Ao Orientador Dr. Ronald Buss de Souza pela ajuda no desenvolvimento do projeto, pelo seu incentivo e encorajamento ao bolsista, apoiando seu crescimento e por acreditar na sua capacidade.

Aos colegas do Laboratório de Meteorologia e Oceanografia por Satélites, pela paciência, companheirismo e auxílio nas atividades.

Aos funcionários, servidores do CRS/INPE – MCT e do LACESM/CT – UFSM pelo apoio e pela infra-estrutura disponibilizada;

Ao Programa PIBIC/INPE – CNPq/MCT pela aprovação do Projeto de Pesquisa, que me permitiu dar os primeiros passos na iniciação científica e tecnológica, propiciando grande crescimento profissional;

Ao Coordenador Dr. José Carlos Becceneri e a Secretária do Programa PIBIC/INPE – CNPq/MCT, Sra. Egidia Inácio da Rosa, pelo constante apoio, alertas e sua incansável preocupação com toda a burocracia e datas limites do Programa para com os bolsistas de I. C. & T do CRS/INPE - MCT.

## **RESUMO**

Neste estudo, apresentamos uma descrição da variabilidade do vento à superfície, derivado do satélite QuikScat Scatterometer sobre o Oceano Atlântico Sudoeste (ATS). A área de estudo inclui áreas menores para avaliar os principais sinais da variabilidade do vento na superfície em diferentes regiões do ATS, incluindo a Confluência Brasil-Malvinas (BMC). A análise foi feita com base em dados mensais da velocidade do vento na superfície e de suas componentes zonal e meridional nos anos de 2004 até 2009. A fim de obter uma estrutura mais detalhada da variabilidade do vento no tempo e frequência nós aplicamos a transformada de ondas contínuas (TOC) em séries temporais mensais. O que se percebeu foi uma tendência do predomínio de maiores intensidades entre os meses de março à agosto na maioria dos anos, com alguns picos nos meses de inverno como junho e julho.

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	4
<b>RESUMO</b> .....	5
<b>SUMÁRIO</b> .....	6
<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</b> .....	7
<b>CAPÍTULO 2 - OBJETIVOS</b> .....	8
<b>CAPÍTULO 3 - DESENVOLVIMENTO TEÓRICO</b> .....	10
3.1 Software MATLAB.....	10
3.2 Software R.....	10
<b>CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E ANÁLISES</b> .....	11
<b>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS</b> .....	15
<b>CAPÍTULO 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	16

## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUÇÃO**

O presente trabalho propõe estudar a variabilidade temporal de dados provenientes de sensores remotos (temperatura da superfície do mar e vento) e reanálises (vento, fluxos, pressão atmosférica e temperatura do ar) na Região do Oceano Atlântico Sudoeste (ATS) entre 20°S e 50°S, 32°W e 70°W. Além do Oceano Atlântico Sudoeste como um todo, será estudado nove áreas específicas cobrindo diferentes regiões do Oceano ATS, para que se avaliem os sinais predominantes dos campos de TSM de regiões diferentes sob diferentes condições oceanográficas e meteorológicas sobre o ATS. Nessas regiões inclui-se a região da Confluência Brasil-Malvinas (CBM) e nessa, mais especificamente, a região do fluxo de retorno da Corrente do Brasil (CB). As caixas serão usadas para, através das séries de tempo de médias espaciais dos parâmetros analisados internas a cada caixa, avaliem-se possíveis discrepâncias em seus ciclos predominantes e seus prováveis forçantes. As caixas consideradas distribuem-se na região costeira do Brasil, Uruguai e Argentina e em águas profundas sob influência do regime quente da Corrente do Brasil e do regime frio da Corrente Sul Atlântica e da Corrente da Malvinas.

## CAPÍTULO 2

### FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Após a extração das séries temporais dos bancos de dados, serão calculadas as médias históricas mensais, doravante denominadas de médias climatológicas. A variabilidade interanual será analisada a partir de séries de anomalia normalizada (Wilks,2006), onde o sinal anual é removido para uma melhor caracterização do sinal com periodicidades maiores que um ano. Para a identificação do padrão de variabilidade espaço-temporal será aplicada a Análises por Componentes Principais (ACP). A ACP é uma técnica bastante utilizada em análises de séries temporais, dada à possibilidade de demonstrar, em duas dimensões, a variação conjunta no tempo e espaço de um conjunto de dados (Wilks,2006).

Para estudar as frequências dominantes das séries temporais será realizada a transformada de ondeletas (TO) sobre as séries temporais de anomalia normalizada das variáveis aqui estudadas. A técnica de TO tem sido bastante utilizada em pesquisas nas áreas de oceanografia e meteorologia (Torrence e Campo, 1998; Andreoli e Kayano, 2004). A TO assemelha-se à análise da transformada de Fourier (TF). Ambas trabalham no domínio da frequência e são particularmente úteis, pois permitem analisar o conteúdo do sinal decompondo-o em diferentes escalas de tempo. A diferença entre as técnicas é basicamente no modo como estas captam o comportamento das séries. A TF permite caracterizar o comportamento global, ao passo que a aplicação das ondeletas revela o comportamento local da série no tempo. Assim, sinais de caráter não-estacionário, com picos de energia em muitas frequências diferentes, são mais bem estudados com a TO (Morettin, 1999). Detalhes sobre este método são bem apresentados em Torrence e Campo (1998). Possíveis correlações entre a variabilidade temporal local (áreas menores), variabilidade regional e de fenômenos climáticos de larga escala serão estudadas a partir do teste estatístico de correlação cruzada. Os fenômenos de larga escala serão representados por meio de índices ou séries temporais, as quais estão disponíveis em <<http://www.cdc.noaa.gov/data/climateindices/List/>>.

Este trabalho tem como objetivos específicos:

- Analisar e descrever o comportamento temporal e espacial de dados de oceanografia e meteorologia provenientes de satélites e de reanálises na região do Oceano Atlântico Sudoeste através de métodos de análise de sinal;
- Avaliar e comparar as diferenças nos parâmetros da superfície do mar (TSM), fluxos radiativos de calor, ventos, temperatura do ar na superfície e pressão atmosférica ao nível do mar entre diferentes séries de dados.

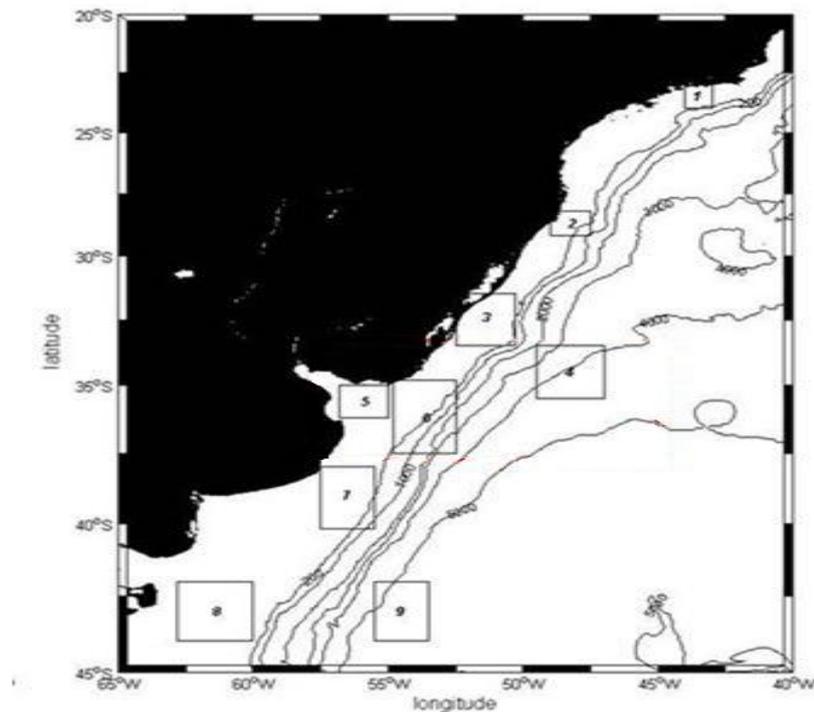


Figura 1 – Esta figura mostra as nove áreas específicas cobrindo diferentes regiões do Oceano ATS.

## CAPÍTULO 3

### MATERIAIS E MÉTODOS

No período de fevereiro a junho, deste ano, que substitui o Lucas De Lima Cechin- antigo bolsista- realizei leituras em livros, artigos, dissertações e projetos, e, juntamente com a leitura, assisti a palestras e debates sobre o assunto. Li também , manuais do software Matlab<sup>®</sup> e R<sup>®</sup> e rotinas do Matlab<sup>®</sup> para continuar desenvolvendo este trabalho.

Neste trabalho, foram utilizados dados de vento obtidos pelo sensor SeaWinds a bordo do satélite *Quick Scatterometer* (QuickScat). Dados de temperatura da superfície do mar (TSM) foram obtidos através do sensor AMSR-E (Advanced Microwave Scanning Radiometer) do satélite Aqua. Os dados dos diversos foram obtidos a partir do sítio da Remote Sensing Systems em <<http://www.remss.com>>. O período de dados utilizados variou de acordo com os trabalhos desenvolvidos em cada objetivo, mas em geral, foram utilizados dados de 2000 a 2009 para dados de vento e de 1985 até os dias atuais para dados de temperatura da superfície do mar. Os arquivos salvos para futuros trabalhos têm diferentes tempos e datas para seu para seu processamento, abrangendo uma série temporal de mais de 20anos de dados.

#### 3.1 Software MATLAB:

O MATLAB (*MATrix LABoratory*) é um software interativo de alta performance voltado para o cálculo numérico. Este software integra análise numérica, cálculo com matrizes, processamento de sinais e construção de gráficos.

Com o auxílio deste software, foram feitos mapas de campos de vento para toda região de estudo, neste caso o período de 2004-2009, e as médias das áreas que foi utilizadas para análise da série temporal.

#### 3.2 Software R

O R é um programa estatístico que permite a manipulação, avaliação e interpretação de procedimentos estatísticos aplicados a dados. Permite também operações matemáticas simples, manipulação de vetores e matrizes e confecção de gráficos.

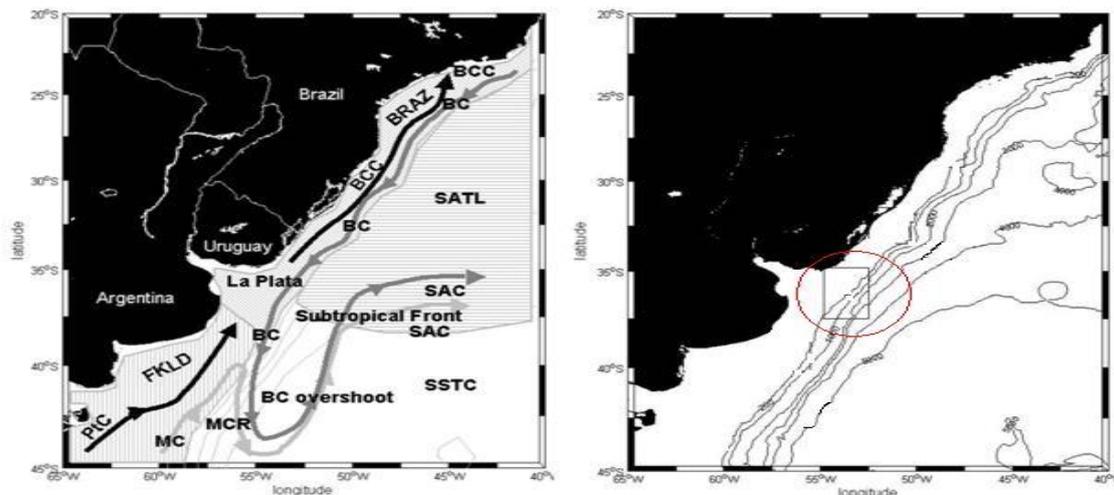
## **CAPÍTULO 4**

### **RESULTADOS E ANÁLISES**

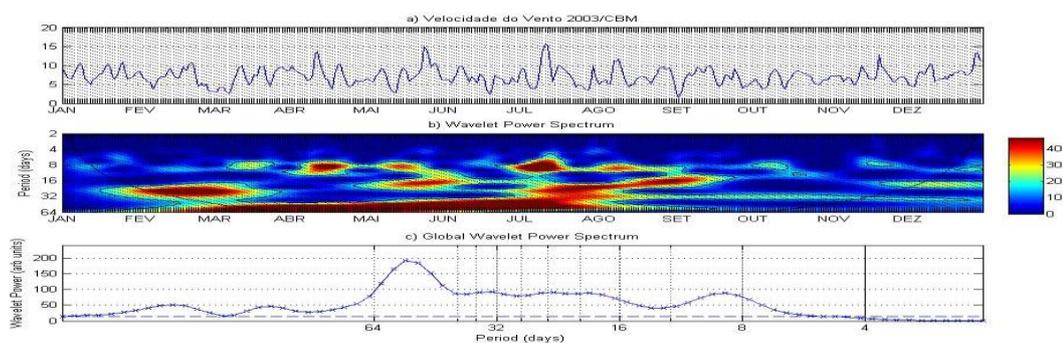
Para a obtenção e entendimento dos resultados obtidos e a serem obtidos foi necessário a leitura de referências bibliográficas relevantes. Ao mesmo tempo, a leitura de manuais e prática com softwares utilizados Matlab<sup>®</sup> e R<sup>®</sup>, além de sistemas operacionais distintos (Windows e Linux). O bolsista organizou os diferentes dados obtidos, tais como os ventos e a temperatura da superfície do mar desde 1985 até os dias atuais. Outros dados de satélite, como magnitude (intensidade) do vento à superfície do mar, vapor d' água , precipitação e nuvens, foram também obtidos para todas as nove sub-áreas da região do Atlântico Sudoeste.

Através dos espectros de potência local e global foi possível perceber que em 2004 as maiores intensidades foram nos meses de outono e inverno, em 2005 nos meses de inverno e primavera e de ventos com semelhantes intensidades nos meses de outubro a dezembro. Em 2006 nos meses de outono e inverno com aumento de intensidade no início de setembro e novembro. Em 2007 maiores intensidades entre os meses de maio à agosto com picos no começo e no final de junho e também no final de julho. Em 2008 e 2009 de maio a agosto, foram registrados períodos de maiores intensidades.

Para tal, foi aplicada a técnica da transformada de ondeleta contínua (TOC) sobre as séries dos dados mensais. Os espectros de potência local e global mostram que o sinal anual é uma característica comum e dominante na magnitude do vento em praticamente todas as regiões do Oceano Atlântico Sudoeste.



**Figura2 – Área de estudo.** O painel à esquerda apresenta as correntes costeiras e oceânicas, em preto e cinza respectivamente, e as províncias biofísicas e regiões oceanográficas definidas por Longhurst (2007) e Saraceno et al. (2005). BCC: Corrente Costeira do Brasil; BC: Corrente do Brasil; MC: Corrente das Malvinas; PtC: Corrente da Patagônia; SAC: Corrente Sul Atlântica. A Frente Subtropical é formada depois da retroflexão da CB (“BC overshoot”) próxima a 45°S, 55oW. A retroflexão da CM é representada na figura como MCR. As províncias biofísicas são denominadas como BRAZ (Província Costeira da Corrente do Brasil), FKLD (Província das Plataformas Atlânticas Sudoestes), SATL (Província do Giro do Atlântico Sul) e SSTS (Província da Convergência Subtropical Sul). As linhas cinza claras representam a batimetria de 1000 a 5000 m. Fonte: Adaptado de Longhurst (2007) e Saraceno et al. (2005). O painel à direita mostra a região da Confluência Brasil-Malvinas. O tamanho da caixa representa a dimensão da área. As linhas pretas representam a batimetria de 200 a 5000 m



**Figura 3 – Transformada de ondeleta da série temporal da velocidade do vento em 2003**

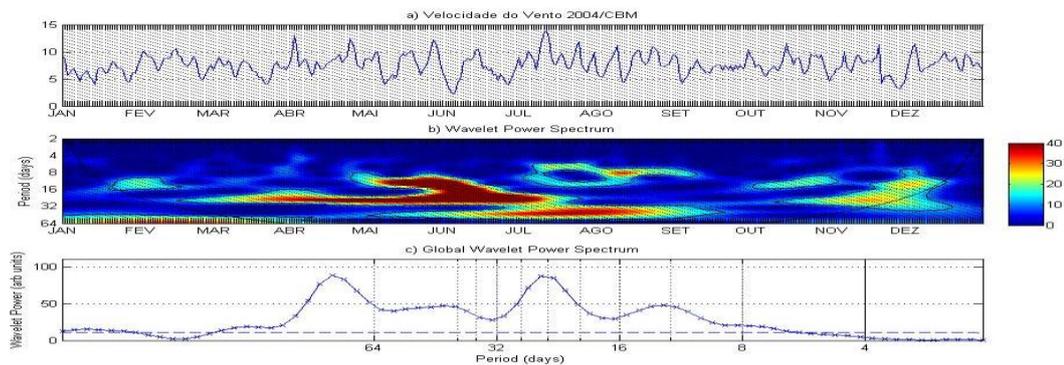


Figura 4– Transformada de ondeleta da série temporal da velocidade do vento em 2004

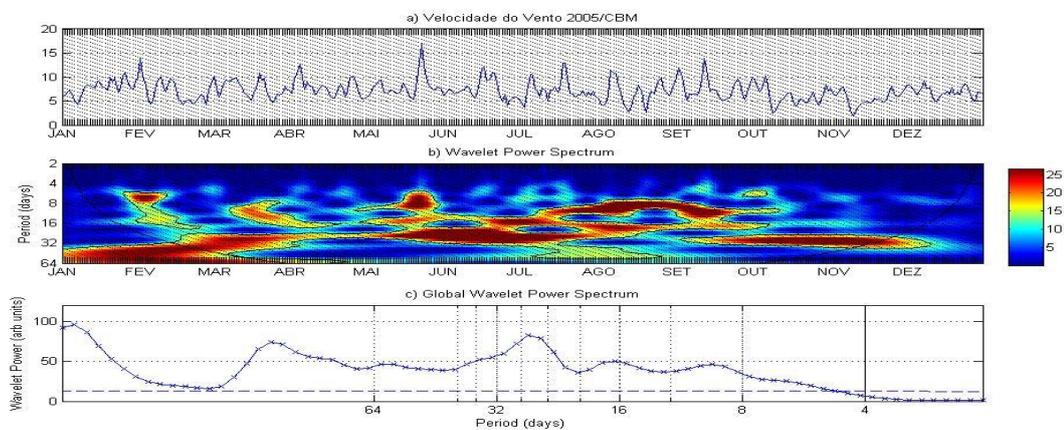


Figura 5– Transformada de ondeleta da série temporal da velocidade do vento em 2005

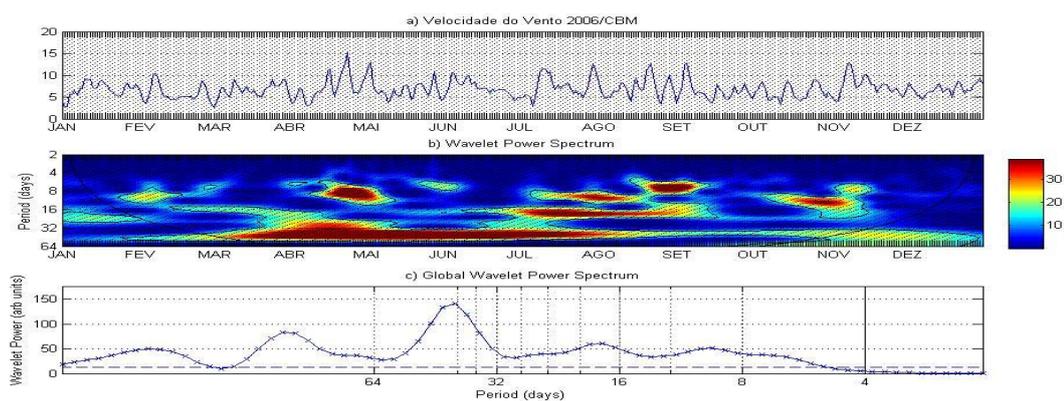


Figura 6– Transformada de ondeleta da série temporal da velocidade do vento em 2006

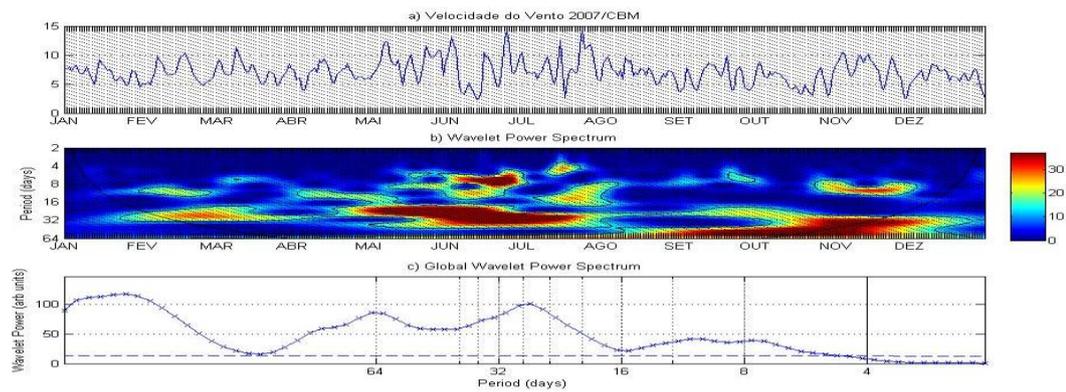


Figura 7– Transformada de ondeleta da série temporal da velocidade do vento em 2007

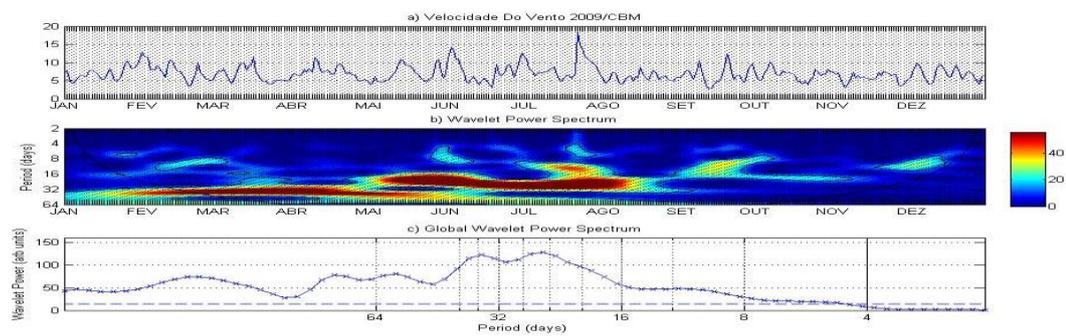


Figura 8– Transformada de ondeleta da série temporal da velocidade do vento em 2009

## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS**

Neste estudo, apresentamos uma descrição da intensidade do vento na superfície do mar a partir de dados do sensor *AMSR-E*. O que se percebeu foi uma tendência do predomínio de maiores intensidades entre os meses de março à agosto na maioria dos anos, com alguns picos nos meses de inverno como junho e julho.

Este trabalho que foi apresentado esta em desenvolvimento. E juntamente com este trabalho, estudarei sobre fluxos de calor entre o oceano e a atmosfera na região da Confluência Brasil-Malvinas, onde cálculos preliminares dos fluxos de calor entre o oceano e a atmosfera nessa região demonstram que o calor sensível domina os fluxos e que existem diferenças marcantes entre os fluxos sobre a Corrente do Brasil (mais altos) e a Corrente das Malvinas (mais baixos).

Utilizarei dados coletados pelos navios envolvidos no Programa Antártico do INPE. As variáveis analisadas serão: data, hora, vento, pressão, temperatura, umidade relativa, latitude e longitude, entre outras.

## CAPÍTULO 6

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SOUZA, R. B. **Oceanografia por Satélites**. Organizador. Oficina de Textos, São Paulo, SP, 2005.

Peternelli, L. A., Mello, M. P **Conhecendo o R: uma visão estatística**. Viçosa: Ed. UFV,2007

Morettin, P. A., **Ondas e Ondeletas: da análise de Fourier à análise de ondaletas**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo

PICKARD, George L.; EMERY, William J. **Descriptive physical oceanography – na introduction**. 5. ed. - Great Britainergamon Press, 1990. 320p.

Longhurst, A. **R Ecological Geography of the Sea**. 2Nd. Ed. Burlinnton, MA. Academic Press,2007.

Saraceno, M.; Provost, C.; Piola A.R. **On the relationship between satellite retrieved surface temperatura fornts and chlorophyll a in the western South Atlantic**. J. Geophys. Res.,2005