

**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS  
COORDENAÇÃO DE ENSINO, DOCUMENTAÇÃO E  
PROGRAMAS ESPECIAIS - CEP  
COORDENAÇÃO DE CIÊNCIAS ESPACIAIS E  
ATMOSFÉRICAS - CEA  
CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS - CRSPE  
OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL - OES/CRSPE/INPE**

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC - CNPq

**RELATÓRIO FINAL DE ATIVIDADES**

**Processo: 128027/00-7**

**Título do Projeto:**

**"Estudo de Pulsações Contínuas e Transientes no Campo  
Geomagnético na Grande Região da Anomalia Magnética do  
Hemisfério Sul"**

**Bolsista:**

**Ederson Staudt**

**Orientador:**

**Dr. Nalin Babulal Trivedi**

**Santa Maria, julho de 2001.**



## Dados de Identificação:

Bolsista:

Ederson Staudt

Orientador:

Dr. Nalin Babulal Trivedi

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Colaboradores:

Dr. Nelson Jorge Schuch

Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - INPE

Dr. Severino L. Guimarães Dutra

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

Local de Trabalho/Execução do Projeto:

Observatório Espacial do Sul - OES/ CRSPE /CEP - INPE

Laboratório de Geofísica Espacial - LGE/LACESM/CT - UFSM





## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos meus orientadores, Dr. Nalin B. Trivedi, Dr. Nelson J. Schuch, Dr. Severino L. Guimarães Dutra e ao colega de trabalho Jean Carlo Santos (mestrando do INPE) e aos demais integrantes do Grupo de Geomagnetismo e Magnetosfera pela colaboração e auxílio nas dificuldades que surgiram, ao INPE, PIBIC/CNPq e a UFSM pelo suporte dado e a todos que de alguma maneira contribuíram no decorrer da execução do projeto e a elaboração deste relatório.





## ÍNDICE

INTRODUÇÃO.....	5
1. A PESQUISA ESPACIAL NO SUL DO PAÍS.....	6
1.1. O CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – CRSPE/INPE EM SANTA MARIA.....	6
1.2. O OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL DO CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – OES/CRSPE/INPE EM SÃO MARTINHO DA SERRA – RS.....	7
1.3. CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS – O PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO OZÔNIO ATMOSFÉRICO.....	9
1.4. GEOMAGNETISMO E MAGNETOSFERA TERRESTRE.....	10
1.5. COOPERAÇÃO CIENTÍFICA INTERNACIONAL BRASIL/JAPÃO EM CIÊNCIAS ESPACIAIS BÁSICAS.....	10
1.6. OBJETIVOS GERAIS DO PROJETO.....	11
1.6.1. Plano de Trabalho.....	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
3. MÉTODOS E MATERIAIS.....	22
4. ANÁLISE DE DADOS.....	25
4.1 FILTRAGEM DIGITAL.....	25
4.2 MÉTODO DAS MÚLTIPLAS JANELAS.....	26
5. ANÁLISE DE POLARIZAÇÃO DE ONDA.....	27
6. ATIVIDADES DO BOLSISTA.....	28
7. PERSPECTIVAS FUTURAS.....	30
8. CONCLUSÃO.....	31
9. BIBLIOGRAFIA.....	32
10. ANEXOS.....	33
10.1 RESUMOS DOS TRABALHOS APRESENTADOS NA XV JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA.....	34
10.2 GRÁFICOS.....	38





## INTRODUÇÃO

Com a formalização do convênio entre INPE e UFSM em 11/04/88 e a instalação de equipamentos científicos do tipo magnetômetro em Santa Maria, e posteriormente em São Martinho da Serra, deu-se início as pesquisas na área de Geomagnetismo na Região Sul do País.

Essas pesquisas têm como objetivo realizar medidas contínuas do Campo Geomagnético, analisando e estudando os dados coletados e comparando-os com os dados coletados em outras estações geomagnéticas.

Neste trabalho tratamos das variações diurnas do Campo Geomagnético, bem como da influência das correntes elétricas na atmosfera ionizada e do eletrojato equatorial na sua variação. Este trabalho é dividido em quatro partes, sendo que a primeira parte trata sobre a estrutura física envolvida na Pesquisa Espacial do Sul no País, na segunda e terceira partes é apresentada a fundamentação teórica necessária ao entendimento do trabalho e por fim são apresentados alguns resultados e conclusões.





## **1. A PESQUISA ESPACIAL NO SUL DO PAÍS**

As atividades e as áreas de desenvolvimento de pesquisas conjuntas em Ciências Espaciais e de Tecnologia, entre o INPE e a UFSM, iniciaram formalmente em 11/04/1988; sendo renovado, em 13/08/1996, o antigo Convênio entre o MCT/INPE e a UFSM.

Este Convênio nasceu do interesse do INPE e da UFSM em promover a estratégica descentralização também para o Sul do País da pesquisa, da formação de recursos humanos especializados, do desenvolvimento tecnológico e dos serviços relacionados às Ciências Espaciais, Ciências Atmosféricas, Clima & Meteorologia e Sensoriamento Remoto, às tecnologias e suas engenharias associadas.

### **1.1. O CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – CRSPE/INPE EM SANTA MARIA**

Em 13/12/1996, foi assinado o Instrumento Público de Cessão de Uso, por 50 anos, de 1,2 hectare de área no “campus” da UFSM, entre o INPE e UFSM com a interveniência do Ministério da Ciência e Tecnologia, para a execução do Projeto de Implantação do CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – CRSPE/INPE, incluindo o subprojeto da ESTAÇÃO TERRENA DE RASTREIO E CONTROLE DE SATÉLITES – ETRCS/CRSPE/INPE, em Santa Maria, e o subprojeto do OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL – OES/CRSPE/INPE em São Martinho da Serra – RS.

O Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRSPE/INPE, em Santa Maria, RS, visa o atendimento dos seguintes objetivos:





1. Dar suporte logístico técnico-científico ao desenvolvimento de programas, projetos e atividades do Instituto realizados nas regiões Sul do Brasil e Cone-Sul da América;
2. Apoiar os lançamentos e monitoramentos de satélites, foguetes e balões, no trânsito dos mesmos, na calibração das cargas úteis e no processamento de dados;
3. Efetuar manutenção do banco de dados obtidos pela Estação Terrena de Rastreamento e Controle de Satélites – ETRCS/CRSPE/INPE e pelo Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE;
4. Prestar apoio a usuários localizados nas regiões Sul do Brasil e Cone-Sul da América na obtenção de dados produzidos pelo Instituto;
5. Desenvolver equipamentos, para suporte dos laboratórios, para uso de missões do Instituto e para coleta de dados convencionais ou via satélite;
6. Realizar a administração das atividades, dos recursos humanos e dos recursos financeiros movimentados pelo CRSPE/INPE, ETRCS/CRSPE/INPE e OES/CRSPE/INPE, bem como as de suprimento de materiais, bens patrimoniais e as de orçamento e finanças.

### **1.2. O OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL DO CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – OES/CRSPE/INPE EM SÃO MARTINHO DA SERRA – RS.**

O Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE, em São Martinho da Serra – RS, tem como atribuições:

1. Executar e desenvolver as atividades e projetos de pesquisa técnico e científica em Astronomia, nas áreas de Astrofísica e Radioastronomia;
2. Executar e desenvolver as atividades e projetos de pesquisa técnico e científica em Geofísica Espacial, nas áreas de Geomagnetismo, Magnetosfera e Heliosfera, eletricidade atmosférica, física e química da média e baixa atmosfera;





**Figura 1 - Prédios 1, 2 e 3, de um total de seis prédios, do Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE, em São Martinho da Serra - RS.**

Os sensores e equipamentos, como também as antenas dos radiotelescópios instalados e ou a serem instalados na área do Observatório Espacial do Sul, são de natureza passiva e não são ou serão poluidores, produzindo impacto destrutivo ao meio ambiente.

### **1.3. CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS – O PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO OZÔNIO ATMOSFÉRICO.**

O Programa de Monitoramento do Ozônio Atmosférico da UFSM é desenvolvido pelo Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/UFSM como subprojeto do Projeto RA e em colaboração com o Laboratório do Ozônio do INPE, dentro do convênio MCT/INPE-UFSM. O Programa tem como objetivo o monitoramento, a análise estatística dos dados e a análise comportamental da Camada de Ozônio Terrestre, na latitude 30° Sul, bem como correlação com o monitoramento sistemático da radiação ultravioleta, de partículas de radiação cósmica, de gases traçadores atmosféricos NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub> com dados físicos e meteorológicos, obtidos através de sondagens troposféricas e





### 1.6. OBJETIVOS GERAIS DO PROJETO

- Realizar medidas geomagnéticas contínuas das três componentes ortogonais H (norte-sul), D (leste-oeste) e Z (vertical para baixo) do Campo Geomagnético, no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE, em São Martinho da Serra – RS (29°S, 53°W).
- Analisar e estudar os dados geomagnéticos coletados em São Martinho da Serra, comparando-os com dados coletados nas outras estações geomagnéticas (figura 3), a fim de estudar as características das correntes elétricas na atmosfera ionizada (Ionosfera e Magnetosfera), como  $S_q$  (responsável pelas variações diurnas nos dias magneticamente quietos – atividade solar baixa),  $S_R$  (correntes ionosféricas na região E da Ionosfera, após serem removidas correntes elétricas de origem magnetosférica). Serão também estudadas características de correntes de Eletrojato Equatorial (EEJ), presentes na região E da Ionosfera acima do equador magnético.



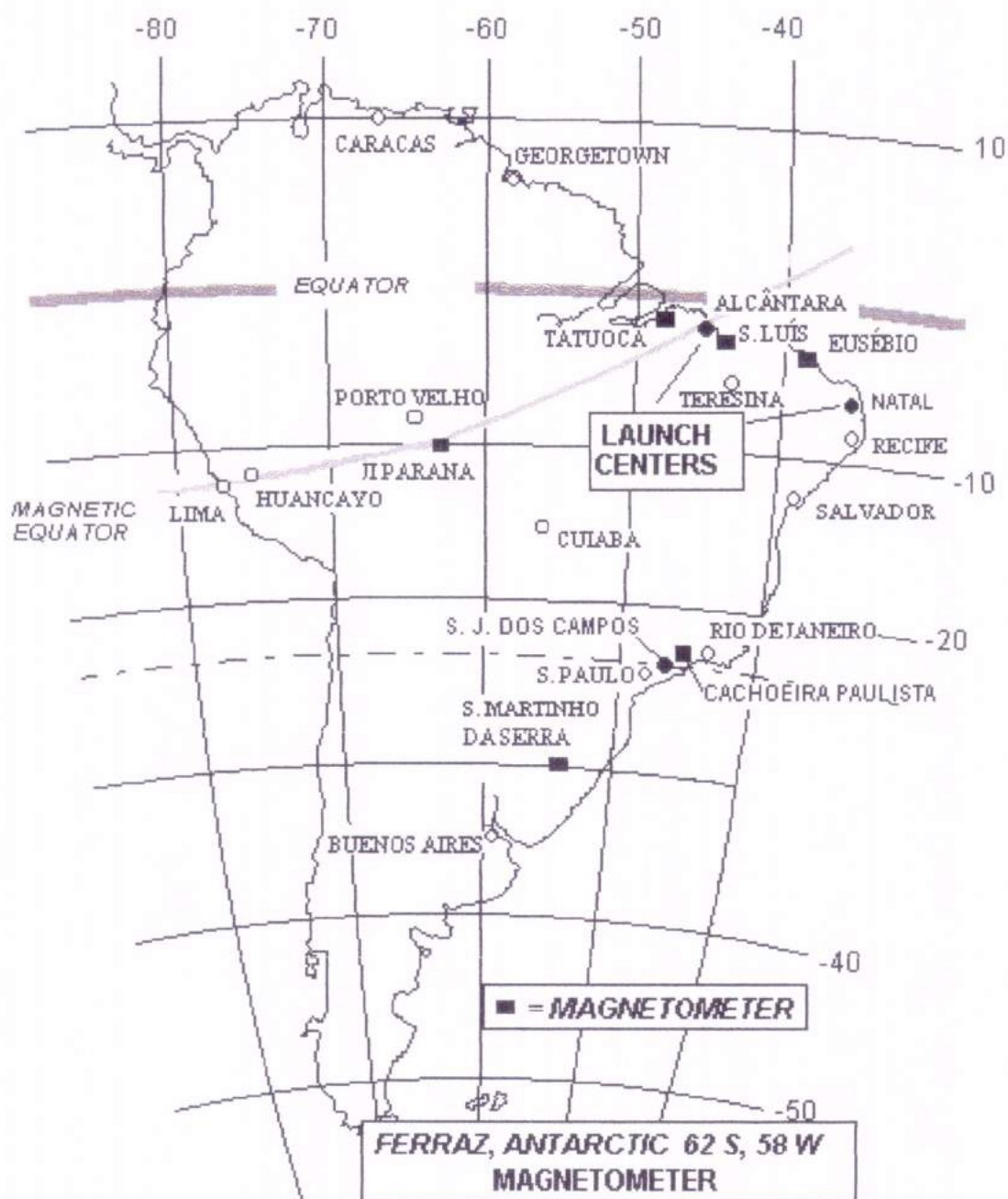


Figura 2 - Mapa da América do Sul mostrando a posição dos equadores geográfico e magnético e também das estações geomagnéticas brasileiras.



### 1.6.1.Plano de Trabalho

Primeira Fase: (Agosto de 2000 – Outubro de 2000)

- Revisão Bibliográfica;
- Introdução a ciência de geomagnetismo e pesquisa espacial e conhecer técnicas experimentais de medir campo geomagnético.

Segunda Fase: (Novembro de 2000 – Fevereiro de 2001)

- Aprender realizar medidas geomagnéticas absolutas para montar um observatório magnético-padrão;
- Operar o observatório geomagnético em SMS realizando medidas geomagnéticas relativas e absolutas usando magnetômetros do tipo "Fluxgate" e "Precessão de prótons".

Terceira Fase: (Março de 2000 – Julho de 2000)

- Detectar eventos nos dados geomagnéticos e escrever relatório sobre pesquisa realizada;
- Comparar as variações impulsivas observadas em SMS com as variações geomagnéticas observadas nos satélites geoestacionários GOES-5 e GOES-6.





## 2 . FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Terra possui um campo de forças, chamado Campo Geomagnético (figura 3), circundando o planeta. Esse campo de forças pode ser dividido em um campo principal, que corresponde à cerca de 99% do seu total e é gerado supostamente através de correntes elétricas que fluem na parte líquida do núcleo terrestre, e vários outros, produzidos por correntes elétricas presentes nas regiões ionizadas vizinhas ao planeta.

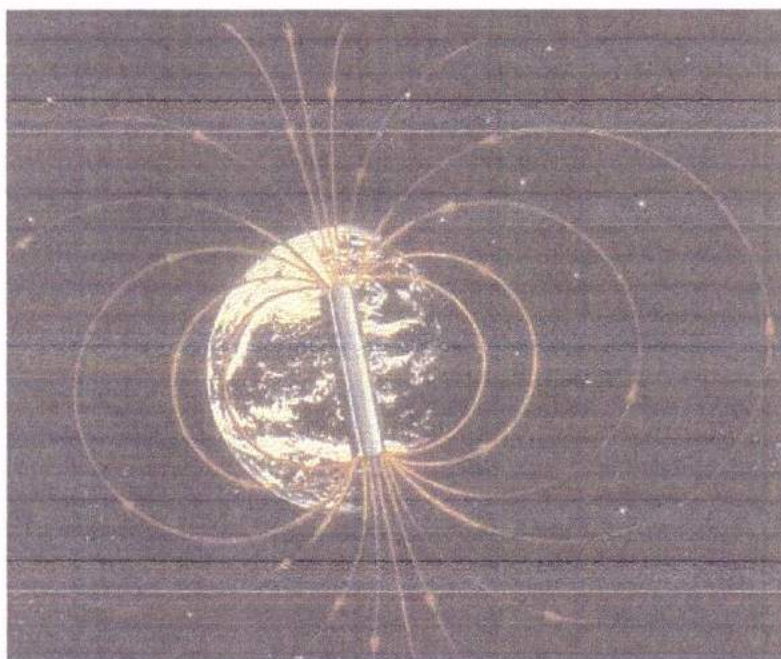


Figura 3 - Dipolo magnético colocado no centro da Terra e levemente inclinado em relação ao eixo de rotação. (Pinto e Gonzales, 1989)

O Campo Geomagnético não é estável, apresentando variações temporais e espaciais com amplitudes inferiores à do campo magnético gerado no núcleo, em várias ordens de grandeza.

Essas variações geomagnéticas podem ser classificadas em seculares, diurnas (período de 24 horas), distúrbios (associados a tempestades magnéticas e com períodos bastante variáveis), pulsações (com períodos entre 0,2 e 1000s),



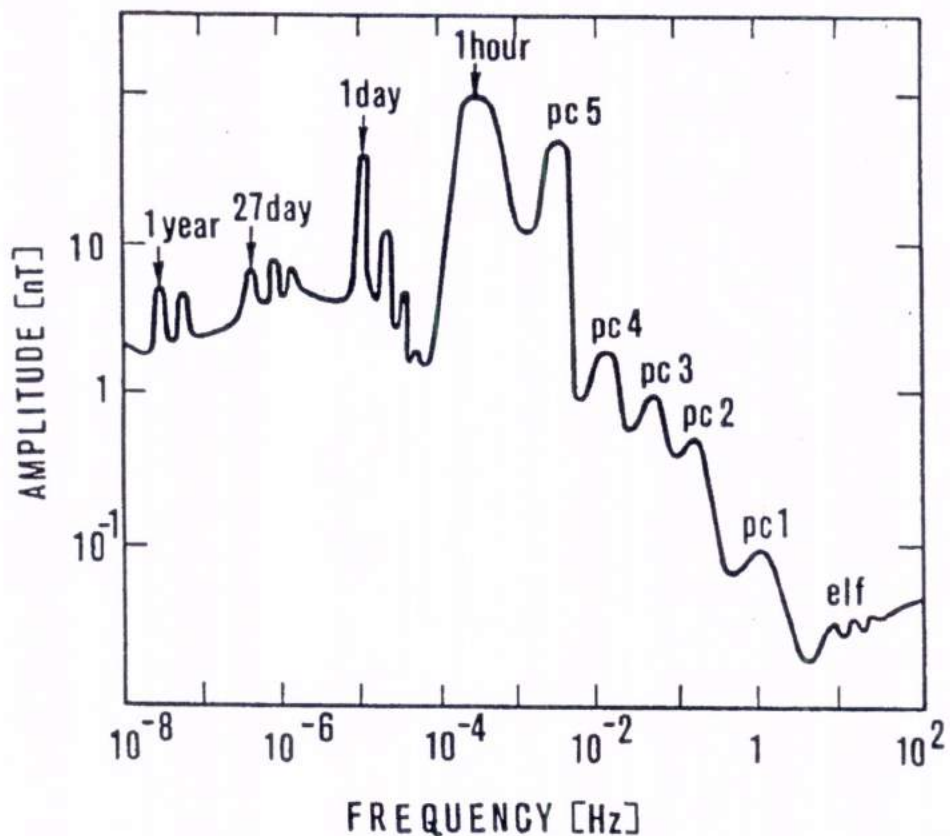


Figura 4 – Amplitude das variações naturais da componente horizontal H.(Serson, 1973)

atmosféricas (períodos inferiores a 1 s) e produzidas pelo homem. Sendo que as variações seculares são as únicas com origem interna a Terra.

A variação diurna é causada por sistemas de corrente elétrica, que se originam devido ao movimento das camadas atmosféricas ionizadas através das linhas do Campo Magnético Terrestre, devido principalmente à atração gravitacional do Sol. Esses sistemas de corrente circulam na região E da Ionosfera<sup>1</sup> (figura 5), tendo dois vórtices localizados nas proximidades das latitudes  $30^{\circ}\text{N}$  e  $30^{\circ}\text{S}$  e são fixos no espaço em relação ao Sol, enquanto a Terra gira embaixo deles. A variação diurna é função da época do ano, da atividade solar e da latitude geomagnética.

<sup>1</sup> Ionosfera - região da atmosfera, de aproximadamente 60 a 1000 km de altitude, em que a densidade de íons é alta o suficiente para afetar transmissões de ondas eletromagnéticas em rádio frequência.

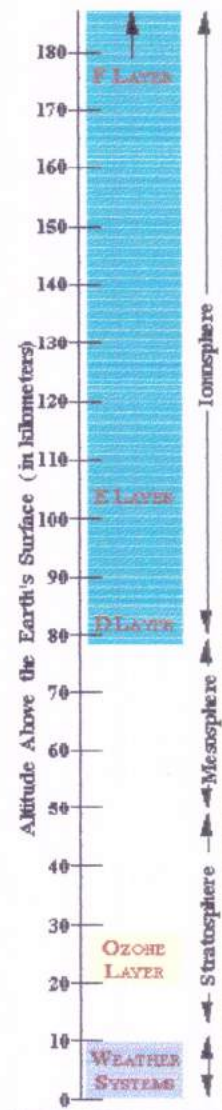


Figura 5 - Divisão da Ionosfera em suas respectivas camadas. (<http://www.seLnoaa.gov>)

Com base no índice de atividade magnética K, podemos classificar os dias, de acordo com a atividade magnética, em calmos, perturbados e normais. A variação do campo magnético sobre dias magneticamente calmos é chamada variação Sq (do inglês, Solar quiet). Correspondentemente, para dias perturbados, a variação é chamada SD (Solar Disturbed). A variação que ocorre durante uma tempestade magnética é chamada  $D_{ST}$  (Storm Time Disturbance).



Os distúrbios magnéticos resultam da entrada de grandes quantidades de plasma solar na Magnetosfera<sup>1</sup> (figura 6), por ocasião de tempestades magnéticas. As tempestades magnéticas são consequência do aumento de correntes magnetosféricas e ionosféricas devido à interação entre o vento solar<sup>2</sup> e o Campo Magnético Terrestre, e a incidência de raios X solares e radiação UV solar, aumentando os sistemas de correntes ionosféricas de tal maneira que o campo magnético experimenta fortes perturbações. Uma tempestade magnética típica pode ser dividida em uma fase inicial, com duração de três a quatro horas, uma fase principal, com várias horas de duração, e uma fase de recuperação, com duração de algumas horas a alguns dias, dependendo da intensidade da tempestade.

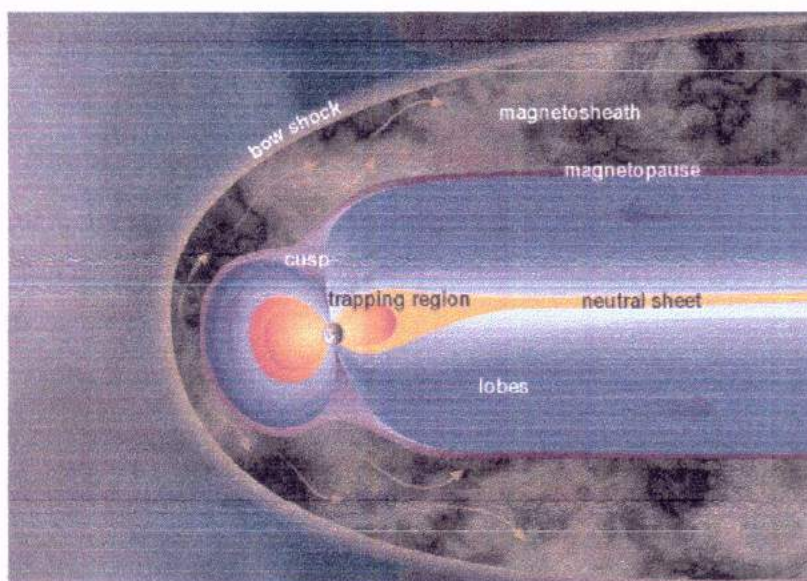


Figura 6 - Ilustração da Magnetosfera terrestre com suas principais regiões. (<http://www.sel.noaa.gov>)

Pulsações geomagnéticas observadas no solo e na magnetosfera são manifestações de ondas de plasma (hidromagnéticas) de frequência ultra-baixa (ULF) na magnetosfera. Essas pulsações são flutuações de curto período (usualmente da ordem de segundos a minutos) do campo magnético terrestre. As amplitudes típicas destas flutuações são menores do que uma parte em 10 do campo

<sup>1</sup> Magnetosfera - região em que o campo magnético domina o movimento do plasma, constituído principalmente de prótons e elétrons.

<sup>2</sup> Vento Solar - fluxo de partículas ionizadas (plasma) emanadas pelo Sol.





principal e tem efeito transitório. As ondas com mais baixa frequência tem comprimentos de onda comparáveis ao tamanho da magnetosfera e amplitudes da ordem de nanotesla (Jacobs, 1970; Samson, 1991; Hughes, 1994). O limite superior do espectro de ondas causadoras de micropulsações é determinado pela frequência ciclotrônica do hidrogênio na magnetosfera, que é tipicamente menor que 10 Hz (Samson, 1991). Em geral é aceito que as micropulsações geomagnéticas são provocadas pela manifestação de ondas hidromagnéticas gerados por vários processos físicos. A interação do vento solar com o campo magnético da Terra é o principal processo de geração das micropulsações detectadas em toda a magnetosfera, ionosfera e na superfície terrestre (Kuwashima e Fukita, 1989; Anderson, 1994; Sibeck, 1994; Hughes, 1994).

As micropulsações são observadas por estações geomagnéticas sobre a superfície terrestre e com instrumentos a bordo de satélites. Independente do ponto de observação há vários fatores vinculados, direta ou indiretamente, a interação Terra-Sol, que podem afetar a atividade das micropulsações, tais como: a interação do vento solar que flui através das linhas do campo magnético com velocidades instáveis supersônicas (250 – 800 km/s), causando pulsos de compressão e rarefação nas linhas de campo da magnetosfera; a duração do ciclo solar e efeitos periódicos como as manchas solares; a localização, em latitude e longitude geomagnética do observatório; a hora e o dia; o estado local da ionosfera; o nível da atividade magnética.

As fontes para a geração dos fatores que influenciam as micropulsações também precisam ser identificadas. Pode-se dizer que, um ou mais tipos de micropulsações podem estar associados, a um ou mais tipos dessas ondas, geradas numa certa região e associadas a diversos processos físicos correlacionados a interação Sol-Terra.

Historicamente, as primeiras observações das pulsações geomagnéticas foram feitas por Stewart (1861), o qual notou pulsações geomagnéticas nos registros de uma grande tempestade geomagnética, observada em Kew Observatory (Greenwich, Inglaterra). Somente no Ano Internacional de Geofísica (1958) (IGY) ocorreu um substancial aumento no número de observações das pulsações







geomagnéticas e estabeleceu-se o estudo das ondas de plasma e pulsações na magnetosfera como uma disciplina madura.

Um problema na investigação de micropulsações é a descrição e classificação dos tipos de oscilações observadas e as condições sobre as quais elas foram geradas. Dois tipos principais de classificações tem sido mencionadas, a primeira é baseada nas propriedades morfológicas e mais recentemente, a classificação genética, baseada nos mecanismos de geração das pulsações

Um subcomitê do “International Association of Geophysics na Aeronomy” (IAGA) em 1958 propôs uma classificação baseada nas características morfológicas das micropulsações, sugerindo um esquema de classificação baseado em duas classes principais de pulsações (Jacobs et al., 1964). A primeira inclui pulsações de caráter mais ou menos contínuo e foi denotada por Pc. A segunda classe inclui pulsações mais ou menos impulsivas e foi denotada por Pi. Vamos falar um pouco sobre cada classe:

- **Pulsações Regulares ou contínuas**

Abrangem o intervalo inteiro das pulsações, com períodos de 0,2 a 600 segundos. Podem ser subdivididas em subgrupos, dependendo de seus períodos.

- *Pulsações Contínuas Pc1 ( $T = 0,2 - 5$  s)*

Estas pulsações são importantes fontes de informações de instabilidades de plasma que podem se desenvolver nas regiões dos cinturões de radiação e são, usualmente, o indicador do estado da magnetosfera.

As Pc1 são oscilações senoidais regulares, com períodos variantes de 0,2 a 5 segundos. Estas pulsações ocorrem na forma de explosões separadas, desenvolvendo-se gradualmente em uma série de pulsações que se estendem de 10 minutos a horas. Elas podem também ocorrer na forma de grupos de pulsações com bruscas variações de frequência.

Investigações no solo da ocorrência das Pc1 e as características nas mudanças de suas amplitudes com a latitude indicam que elas são mais freqüentemente excitadas em zonas aurorais e sub-aurorais.

- *Pulsações Contínuas Pc2-3 ( $T=5-10, 10-45$  s)*





As amplitudes de sinais observadas das Pc2-3 são, usualmente, menores de  $0,5\gamma$  e os períodos típicos são em torno de 2 a 30 segundos. São tipicamente fenômenos diurnos, com período médio sofrendo variações diurnas, maximizando-se ao meio-dia. A principal direção do vetor horizontal perturbado, embora tipicamente norte-sul, sofre uma variação diurna nas maiorias das latitudes e, com essa mudança, ocorrem vários sentidos de polarização.

A frequência característica das Pc2-3 aumenta com o aumento do índice de atividade magnética K. Há incidência destas pulsações também durante a fase inicial das tempestades magnéticas.

- *Pulsações Contínuas Pc4 (T = 45 – 150 s)*

As amplitudes típicas das Pc4 são de 5 a  $9\gamma$  nas altas latitudes e  $1\gamma$  nas baixas latitudes. Os sinais, usualmente, duram de 10 minutos a várias horas. Estes, muitas vezes, aumentam lentamente até uma amplitude máxima que se sustenta por um longo tempo, e depois decaem imediatamente. Nas médias e baixas latitudes o modelo de ocorrência diária tem um máximo ao meio-dia.

A frequência de ocorrência das Pc4 aumenta com a diminuição da atividade solar, embora suas amplitudes permaneçam quase constantes por todo o ciclo solar. Por outro lado, a frequência de ocorrência das Pc3 não muda muito ao longo do ciclo solar; já suas amplitudes decrescem repentinamente com o decréscimo da atividade solar. Assim, as Pc4 são muito mais dominantes que as Pc3 nos mínimos solar.

Em todas as latitudes a ocorrência das Pc4 pode ser conectada com o ciclo solar; mais ativamente nos anos de mínimas manchas solares.

- *Pulsações Contínuas Pc5 (T = 150 – 600 s)*

Esta classe de pulsações, com longos períodos (3 – 9 minutos), podem ter amplitudes extremamente grandes, chegando a várias centenas de  $\gamma$ . Estendem-se por um período de 10 minutos à várias horas, e suas formas são inteiramente senoidais, muitas vezes amortecidas, com algumas distorções que aparecem com o aumento da atividade magnética.

Há uma larga distribuição latitudinal das Pc5, incluindo um rápido decréscimo em amplitude com o aumento da distância à zona auroral e um claro aumento





equatorial. O aumento da amplitude na região equatorial pode ser explicado pelas correntes ionosféricas chamadas de eletrojetos equatoriais, os quais serão comentados posteriormente.

- **Pulsações Irregulares**

Esta classe de pulsações é caracterizada por sua forma irregular. Elas tem conexão com os distúrbios do campo magnético e possuem correlação com os distúrbios da magnetosfera superior. Esta classe é dividida em dois subgrupos:

- *Pulsações Irregulares Pi1 (T1 – 40 s)*

As Pi1 tem formas irregulares com períodos menores do que 15 segundos (6 – 10 s). Suas amplitudes têm valores máximos nas zonas aurorais e sua intensidade decresce rapidamente com a latitude. Estas oscilações têm formas de microestruturas devido aos distúrbios lentos do campo magnético, observadas durante a fase principal das tempestades magnéticas.

A atividade Pi1 mostra uma dependência distinta com o índice K, aumentando com o aumento de K. Algumas vezes, as Pc1 e Pi1 são registradas simultaneamente com distúrbios lentos e, também, como distúrbios de campos independentes.

- *Pulsações Irregulares pi2 (T = 40 – 150 s)*

As Pi2 possuem formas irregulares com períodos localizados num intervalo de 40 – 150 segundos, podendo, às vezes, apresentar períodos acima de 250 segundos, e suas amplitudes variam de 1 - 5 $\gamma$ . As Pi2 tem como características principais o seu pequeno tempo de duração e a sua superposição nas Pi1, as quais podem ser seguidas, em certas ocasiões, pelas Pc1.

A probabilidade de ocorrência das pi2 aumenta com o aumento do índice K. Para um mesmo intervalo de tempo, as atividades Pi1 aumentam com o máximo das manchas solares, sugerindo que as Pi1 e Pi2 tem diferentes fontes de geração ou que tem diferentes modos de propagação sobre a superfície da Terra.

Egedal (1947, 1948) concluiu, a partir da análise dos dados obtidos no Observatório de Huancayo (12° 02.3' S, 75° 19.4' W), que deveria existir um aumento





na corrente superior oeste-leste em um estreito cinturão (~600km) centrado no equador magnético de inclinação zero. Este fenômeno foi chamado mais tarde de eletrojato equatorial (EEJ) por Chapman (1951). Foi descoberto também que o eletrojato reverte ocasionalmente sua direção certas horas do dia, dando origem ao chamado contra eletrojato.

Num magnetoplasma com campos elétrico  $\vec{E}$  e magnético  $\vec{B}$  perpendiculares, correntes de Pedersen fluem paralelas a componente de  $\vec{E}$  normal a  $\vec{B}$ . Correntes Hall fluem perpendicular a ambos,  $\vec{B}$  e  $\vec{E}$ . Quando o fluxo de corrente Hall é inibido pela presença de limites, um campo de polarização é criado, se opondo ao fluxo de corrente. Cowling (1933) reconheceu que se a corrente Hall normal aos campos  $\vec{B}$  e  $\vec{E}$  é então limitada, a condutividade efetiva (condutividade Cowling) paralela aos campos é aumentada acima da condutividade de Pedersen. Cowling (1933), Martyn (1948) e Cowling e Border (1948) discutiram a possibilidade de que a inibição do fluxo de correntes verticais, pelas camadas de baixa condutividade acima e abaixo da região dínamo (~100-160 Km), deveria aumentar consideravelmente a condutividade efetiva da Ionosfera na direção leste-oeste próxima ao equador magnético, explicando a existência do EEJ. Untiedt (1967) foi o primeiro a reconhecer que o fluxo de correntes verticais não era completamente inibido, como foi assumido anteriormente.

### 3. MÉTODOS E MATERIAIS

O Campo Geomagnético não pode ser medido diretamente, sendo necessária à interação do campo em outros processos físicos para produção de efeitos mensuráveis. Além disso, devido a grande extensão espacial do campo com relação às dimensões dos sensores, apenas medidas pontuais são obtidas.

O equipamento utilizado para medir o Campo Geomagnético é chamado magnetômetro. Devido a grande variedade de fenômenos que respondem a campos magnéticos, existe uma grande variedade de magnetômetros, cada um com suas vantagens distintas. Neste trabalho, discutiremos alguns tipos de magnetômetros que





são utilizados no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE, em São Martinho da Serra - RS.

- **Magnetômetro Fluxgate (núcleo saturado)**

Neste equipamento, um núcleo altamente permeável, de fácil saturação, é utilizado para amplificar o sinal do campo magnético obtido. A propriedade de histerese do núcleo saturável é utilizada pela imposição de um campo oscilante intenso, que é cancelado pelo campo local. A intensidade do Campo Geomagnético é obtida pela geração de harmônicos de distorção no campo de saída, medidos pelo sensor secundário ao redor do núcleo. A quantidade de interesse é o segundo harmônico da frequência de excitação, gerado no range de saturação linear do sensor.

Um Campo Geomagnético ambiente  $H_0$  é sobreposto a um campo de excitação senoidal  $A$ ,  $A \gg H_0$ , no qual  $A$  é ajustado para ser tão grande quanto necessário para saturação do núcleo de alta permeabilidade. O cancelamento do campo assimétrico causado pela adição do campo ambiente,  $H_0$ , resulta numa distorção da forma da variação da densidade de fluxo magnético,  $B$ , unindo-se a uma segunda bobina censorsa enrolada ao redor do núcleo. Esta distorção da variação de  $B$  com relação ao tempo,  $t$ , contém harmônicos pares em suas componentes de Fourier. A função do campo de entrada pode ser aproximada como

$$B(t) = a(H_0 + H_e) + b(H_0 + H_e)^3 + c(H_0 + H_e)^5,$$

onde  $H_e$  é o campo de excitação e  $a$ ,  $b$  e  $c$  são constantes.

Os harmônicos, a partir do terceiro, podem ser desconsiderados, pois são consideravelmente menores do que o segundo. Com um filtro de banda estreita, este segundo harmônico de saída é selecionado para tornar-se a medida do campo ambiente,  $H_0$ , depois de serem comparados a um segundo harmônico “artificial” a partir de uma duplicação da oscilação de excitação original.



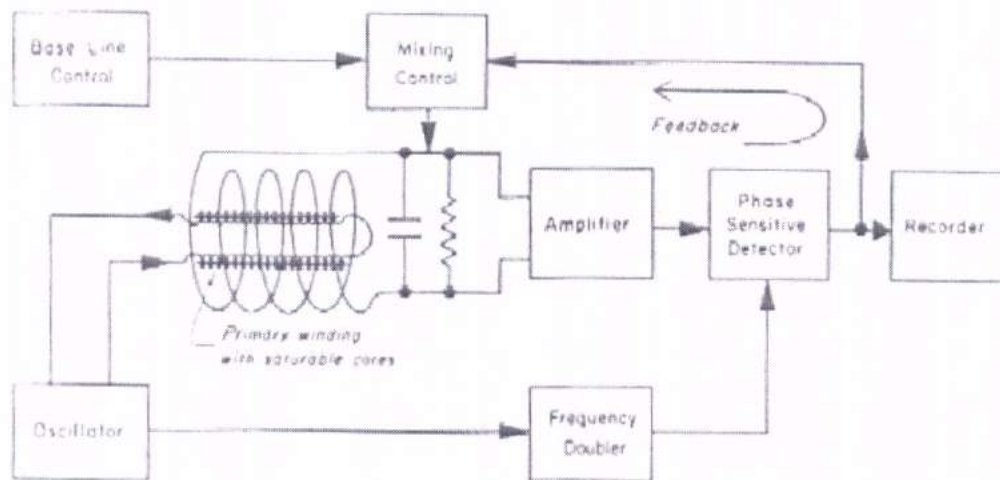


Figura 7 – Magnetômetro Fluxgate para medida direcional do Campo Geomagnético.  
(Campbell, 1997)

Com uma oscilação de excitação de aproximadamente 700 c/s, uma variação de  $1-\gamma$ , do campo ambiente, produz uma saída de aproximadamente  $25 \mu\text{V}$ . Para medidas de sinais fracos, são utilizados dois núcleos em direções opostas no circuito de excitação, e uma bobina secundária cercado ambos. As duas contribuições primárias, nas bobinas com núcleo saturado postas em direções opostas, são então canceladas (figura 10).

- **Magnetômetro de Precessão de Prótons**

Se um fluido rico em prótons tal como querosene, combustível de avião, heptano, etc. é colocado em um campo magnético os prótons irão alinhar-se ao longo do vetor campo magnético. O campo magnético é induzido no sensor pressionando-se um botão. Então este campo é repentinamente removido. Prótons, que se comportam como giroscópios elementares, iniciarão a precessão ao redor do campo magnético restante - o Campo Magnético Terrestre. A frequência de precessão é diretamente proporcional ao campo magnético da Terra. O magnetômetro conta esta frequência, divide ela por uma constante apropriada para obter um valor em gamas e mostrar a leitura, calculando o Campo Geomagnético através da seguinte relação:

$$B_E = \frac{2\pi}{\gamma_P} \nu$$

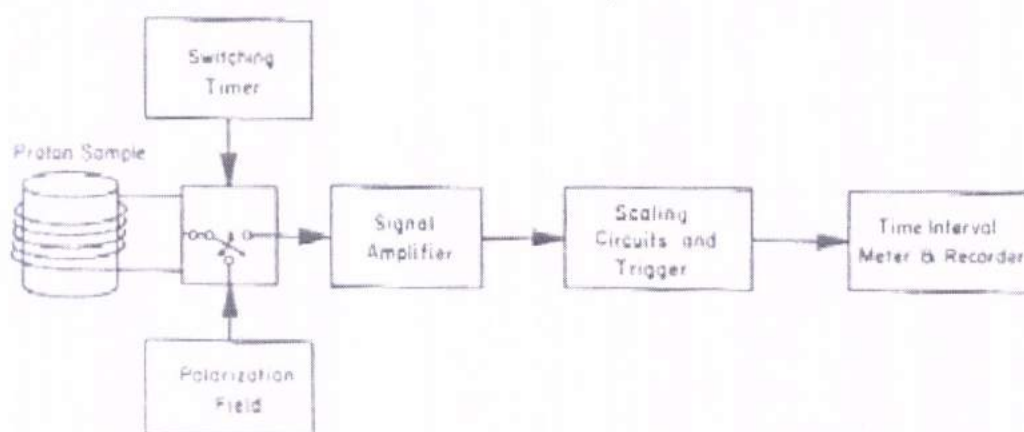


Figura 8 – Magnetômetro de próton para medida do Campo Geomagnético total. A bobina ao redor da amostra é utilizada para alinhar os prótons e detectar o período de precessão dos mesmos. (Campbell, 1997)

## 4. ANÁLISE DE DADOS

Nesta parte do trabalho vou descrever as técnicas de processamento e análise de dados adotadas para o estudo das micropulsações. Inicialmente, introduz-se a técnica de filtragem digital utilizada para eliminar as longas tendências da variação diurna do campo geomagnético. Posteriormente mostram-se as técnicas de análise espectral de múltiplas, baseadas na Transformada Rápida de Fourier (FFT) para obter o espectro de potência e os parâmetro de polarização das micropulsações.

### 4.1 FILTRAGEM DIGITAL

O propósito da filtragem digital é alterar a informação espectral contida no sinal, produzido assim um realce das características espectrais. Um grande número



de estruturas diferentes podem ser usadas para implementar filtros digitais. As mais comuns, filtragem direta, em cascata e em paralelo. A maioria dos filtros digitais podem ser implementados usando uma das estruturas mencionadas. A conversão da estrutura de filtragem direta para uma estrutura em cascata envolve a fatoração dos polinômios de maneira que o produto das funções de transferência individuais é igual a uma função de transferência. Similarmente, a conversão para a estrutura em paralelo requer a expansão em frações parciais, de tal forma que a filtragem direta é representada pela soma das funções de transferência individuais.

Três tipos básicos de filtros podem ser definidos em termos de suas características de resposta no domínio da frequência. O filtro passa-baixa e caracterizado pela atenuação dos componentes de alta frequência, enquanto que permite a transferência dos componentes de baixa frequência. O filtro de passa-alta permite a transferência de componentes de alta frequência, enquanto que atenua os componentes de baixa frequência. O filtro passa banda rejeita ambos, componentes de altas e baixas frequências, enquanto que permite a passagem de componentes intermediárias.

A variação diurna do campo geomagnético tem um amplo espectro, podendo variar desde várias horas até alguns segundos. Este trabalho objetiva estudar as pequenas variações, com períodos desde 10 até 600 segundos.

#### **4.2 MÉTODO DAS MÚLTIPLAS JANELAS**

A estimação espectral é um poderoso método de análise de dados é freqüentemente usado para estudar processos geofísicos. Muitas técnicas têm sido desenvolvidas para análise de longas séries temporais estacionárias. Contudo, estas técnicas não são universalmente aplicadas para séries temporais que envolvem processos não estacionários de curta duração. O principal problema tem sido isolar frequências em meio a um ruído, para obter um espectro estimado com baixo vazamento e mínima variância (Jenkins e Wuatts, 1968; Kanasewich, 1981; Kay e Marple, 1981; Press et al., 1986; Stearns e Hush, 1990; Stearns e Ruth, 1993; Percival e Waleden, 1993).







A análise espectral por múltiplas janelas é uma nova técnica de estimação espectral e foi apresentada, primeiramente por Thomson (1982), e tem sido aplicada na análise de séries temporais recentemente, principalmente nas áreas de sismologia (Park et al., 1987<sup>a</sup>, b; Lindberg e Park, 1987) e climatologia (Thomson, 1990; Berger et al., 1991; Park e Maasch, 1993).

## 5. ANÁLISE DE POLARIZAÇÃO DE ONDA

Nos últimos anos, o aumento na disponibilidade dos dados digitais, devido principalmente aos avanços tecnológicos na área computacional, permite-nos fazer análises digitais e de potência de ocorrência espectral, o que tem sido uma poderosa técnica de análise de ondas ULF. Desta forma, é importante conhecer as técnicas digitais de estimação dos parâmetros que caracterizam os padrões de polarização registrados, bem como as suas limitações.

O problema de extrair um tipo particular de onda de um sinal ruidoso tem sido estudado por técnicas de análise de correlação e filtros especiais baseados nos princípios de ótica estatística aplicada a teoria de ondas quase monocromáticas (Fowler et al., 1967; Kanasewich, 1981, Samson, 1973). Samson (1983 a, b, c) descreveu um método de estimação dos parâmetros de polarização em função da frequência. Este método de estimação dos parâmetros é importante na análise de sinais geomagnéticos, pois o campo magnético registrado, de acordo com o princípio da superposição, é resultado da soma de diversas ondas, que são geradas por processos físicos distintos e se propagam por diferentes meios materiais, de forma que podem apresentar diferentes padrões espectrais e de polarização. Os padrões de polarização do campo geomagnético têm sido registrados, em função do tempo, em um plano de referência (hodogramas). Apesar de ser útil para ilustrar um movimento ondulatório simples, na prática apresenta somente resultados qualitativos e se torna menos eficaz à medida que aumenta a complexidade dos sinais estudados.

Baseados nos princípios da ótica estatística aplicados a ondas quase monocromáticas, Fowler et al. (1967) desenvolveram uma técnica para determinar os





parâmetros de polarização como: o grau de polarização, elipticidade, e azimute e fase, através de uma matriz espectral, para o plano de onda em duas dimensões. Contudo, os dados para o estudo de ondas ULF usualmente envolvem medidas em um sistema de coordenadas tridimensionais. Samson (1973; 1977; 1983 a, b, c) descreveu um método de estimação dos parâmetros de polarização em função da frequência. Esta técnica usa uma matriz espectral para fazer a análise de polarização de onda em função da frequência espectral. Os parâmetros de polarização são importantes para o estudo de modelos de geração e propagação de ondas no meio magnetosférico.

## 6. ATIVIDADES DO BOLSISTA

Durante o trabalho na área de Geomagnetismo, desenvolvido no Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/UFSM e no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE, o bolsista desenvolveu e participou das seguintes atividades (ver também documentação em anexo):

- Redigiu e apresentou o trabalho ***Instalação de um Observatório Geomagnético nas Dependências do Observatório Espacial do Sul \_ OES/CSPE/INPE Região Equatorial Brasileira***, na XV Jornada Acadêmica Integrada.
- Participou como co-autor do trabalho ***Estudos dos Fenômenos Geomagnéticos na Região da Anomalia do Campo Magnético Total em Santa Maria***, apresentado na XV Jornada Acadêmica Integrada.
- Participou como co-autor do trabalho ***Estudo da Ocorrência dos Eventos TCV na Região Equatorial Brasileira*** apresentado na XV Jornada Acadêmica Integrada.
- Realizou visitas semanais ao Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE, para manutenção dos equipamentos instalados.
- O bolsista fez a análise dos dados coletados na estação geomagnética de São Martinho da Serra, fazendo gráficos da variação da componente H do campo magnético terrestre.





- Com os gráficos fez um estudo dos eventos encontrados, anotando as características de cada evento, pra um possível monitoramento destes eventos. Após seu orientador também os analisou e juntos tiveram uma conclusão definitiva.
- Na estação Magnética de São Martinho da Serra o bolsista além de fazer medidas das variações contínuas geomagnéticas também.
- O bolsista vem estudando também a física da magnetosfera, com a leitura de artigos, revistas e livros indicados pelo orientador.
- Participou da leitura e discussão do livro: "Introduction to Geomagnetic Fields - Wallace H. Campbell".
- Participou da leitura e discussão do livro: "General Topics on Geomagnetism and Studies of the occurrence of Micropulsations in São José dos Campos - José A. A. Amarante".
- Participou da leitura e discussão do livro: "Instrumentos Geomagnéticos – Fritz Primdahl".
- Leitura do livro: "Guide for Magnetic Measurements and Observatory Practice - J. Jankowski e C. Sucksdorff".





## 7. PERSPECTIVAS FUTURAS

Durante esta etapa do trabalho na área de geomagnetismo o bolsista participou da elaboração e apresentação de trabalhos apresentados na XI Jornada Acadêmica Integrada da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, leitura e discussão dos livros citados no item anterior e realizou visitas ao Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE para manutenção de equipamentos.

Dentre as perspectivas futuras na área do geomagnetismo e magnetosfera o bolsista pretende:

- Continuar realizando medidas geomagnéticas contínuas na Estação Magnética em São Martinho da Serra – SMS (29,5<sup>o</sup>S, 54<sup>o</sup>W).
- Estudar características das pulsações contínuas (PC) e pulsações impulsivas (PI). Na faixa de período 15 a 200 segundos.
- Usando técnicas de Fourier detectar os eventos da ocorrência de pulsações PC e PI e catalogar.
- Tentar encontrar semelhanças entre os eventos detectados em diversas estações geomagnéticas;
- Ler os dados gravados nas memórias “flash” dos magnetômetros.
- Processar e preparar arquivos para análise mais apurada.
- Computar os parâmetros de ondas de plasma dos dados de eventos PC e PI.
- Reduzir, processar e arquivar os dados geomagnéticos coletados em SMS e compará-los com os dados das demais estações geomagnéticas espalhadas por todo o Brasil.
- Montar um banco de dados contendo a análise dos eventos geomagnéticos pra um bom monitoramento dos mesmos.
- Fazer a análise das variações nas demais componentes do campo magnético (componentes D e Z)





## 8. CONCLUSÃO

Com a análise dos dados conseguimos separar os períodos durante o qual ocorreu alguma variação impulsiva no campo Geomagnético Terrestre. Com a separação destes eventos foi possível uma elaboração de gráficos. Nos gráficos (mostrados em anexo) podemos observar que existe uma certa periodicidade na amplitude destas variações na faixa de 10 a 200 s (0,1 a 0,005 Hz).

As variações encontradas e estudadas são geradas pela interação Sol -Terra, ou seja, pela interação do vento solar com o campo magnético da terra, pelos processos físicos dentro da magnetosfera e também pela interação entre as ondas eletromagnéticas/ hidromagnetodinamicas e pelos elétrons precipitados (devido a Anomalia Geomagnética) na ionosfera acima de Santa Maria.

A análise dos dados foi feita para os eventos Pc3 (10 a 45 segundos), Pc4 (45 a 150 segundos) e as Pc5 (150 a 600 segundos), sendo que estas variações por enquanto foram estudadas somente para a componente H do Campo Magnético Terrestre. Percebeu-se nesta análise de que, o número de eventos Pc5 é muito maior do que os eventos Pc4 e Pc3. Observou-se também que o número de eventos Pc3 é bastante reduzido por se tratar de uma região de baixa latitude.

Após a detecção dos eventos foi feita uma lista com a hora do evento, período e a amplitude do evento, isso facilita a comparação destes com os de outras estações geomagnéticas.





## 9. BIBLIOGRAFIA

**Amarante, José A. A.**, *General Topics on geomagnetism and Studies of the Occurrence of micropulsations in São José dos Campos, Comissão Nacional de Atividades Espaciais (CNAE) –São José dos Campos - São Paulo – Brazil, 1966.*

**Campbell, W. H.** *Introduction to Geomagnetic Fields*, Cambridge University Press, New York, 1997.

**Jankowski, J e C. Sucksdorff**, *Guide for magnetic measurements and observatory practice*, International Association of Geomagnetism and Aeronomy, Boulder, 1996.

**Kirchhoff, V. W. J. H.** *Introdução à Geofísica Espacial*, Ed. Nova Estella.

**Pinto, Jr. O. e Gonzales W. D.** *Anomalia Magnética Brasileira*, Ciência Hoje, vol. 9, nº 52, 1989.

**Primdahl, F.**, *Instrumentos Geomagnéticos, Publicações do Observatório Nacional, Publicação Especial, Nº 09, 1986.*

**Schuch, N. J.; Adaime, S. F.; Oliveira, N. U. V.; Bortolotto, E.; Sarkis, P. J.; Pinheiro, D. K.; Lüdke, E.; Wendt, F. A.; Trivedi, N. B.; Costa, J. M.; Kirchhoff, V. M. J. H.; Dutra, S. L. G.; Sobral, J. H. A.; Abdu, M. A.; Takahashi, H.**; *Observatório Espacial do Sul - Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais/INPE*, Revista Brasileira de Geofísica; Vol. 15, 65-70,1997.

**Zanandrea, A.** *Micropulsações Geomagnéticas em Santa Maria - RS, Tese de Doutorado – INPE - 1994.*





## 10.ANEXOS





**10.1 RESUMOS DOS TRABALHOS APRESENTADOS NA XV JORNADA ACADÊMICA  
INTEGRADA**







## INSTALAÇÃO DE UM OBSERVATÓRIO GEOMAGNÉTICO NAS DEPENDÊNCIAS DO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL – OES/CRSPE/INPE<sup>1</sup>

Ederson Staudt<sup>2</sup>, Nelson J. Schuch<sup>3</sup>, Jean C. Santos<sup>4</sup>, Nalin B. Trivedi<sup>5</sup>, Rogemar A. Riffel<sup>6</sup>

Sabemos, através de medidas geomagnéticas disponíveis, que entre os anos de 1919 e 2000 o Centro da Anomalia observada na intensidade do Campo Geomagnético Total, derivou da costa leste do território brasileiro, perto do Rio de Janeiro, para a região oeste de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul.

Devido à proximidade do Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE [29.43 S, 53.8 O] em relação ao Centro da Anomalia, achou-se importante a instalação de um Observatório Geomagnético Básico Padrão nas dependências do mesmo, para monitorar a dinâmica da Anomalia, bem como as pulsações Geomagnéticas devido a perda de elétrons pela "interação partícula-onda".

Um Observatório Geomagnético Básico Padrão consiste de prédios: para operar variômetros, como os magnetômetros do tipo fluxgate, onde apenas as variações geomagnéticas são observadas e registradas; para medir periodicamente os valores absolutos da intensidade total  $F$  do Campo Geomagnético, a declinação ( $D$ ) e a inclinação ( $I$ ) magnéticas; equipamentos para calibração e testes de magnetômetros e salas para registradores de dados Geomagnéticos.

Este trabalho tem como objetivo descrever os resultados do processo de instalação do Observatório Magnético de São Martinho da Serra - RS, tais como escolha de locais para os prédios especiais para instalação dos respectivos equipamentos, testes de gradiente e construções, dando ênfase a importância da instalação deste Observatório na região da Anomalia.

Convém ressaltar que o Observatório Geomagnético de São Martinho da Serra - RS, juntamente com os Observatórios Geomagnéticos de Vassouras - RJ e de Tatuoca - PA, passa a integrar o conjunto de Observatórios Geomagnéticos instalados no Brasil.

<sup>1</sup> Pesquisa Financiada pela PRAE/UFSM, CNPq, FINEP e INPE.

<sup>2</sup> Apresentador e autor, Acadêmico de Física, LACESM/CT/UFSM

<sup>3</sup> Orientador, Coordenador da Ação de Implantação do CRSPE/INPE - MCT

<sup>4</sup> Co-autor, Acadêmico de Física, LACESM/CT/UFSM

<sup>5</sup> Co-autor, Pesquisador, LACESM/CT/UFSM - OES/CRSPE/INPE

<sup>6</sup> Co-autor, Acadêmico de Física, LACESM/CT/UFSM





## ESTUDO DA OCORRÊNCIA DOS EVENTOS TCV NA REGIÃO EQUATORIAL BRASILEIRA<sup>1</sup>

Jean C. Santos<sup>2</sup>, Nelson J. Schuch<sup>3</sup>, Ederson Staudt<sup>4</sup>, Nalin B. Trivedi<sup>5</sup>, Rogemar A. Riffel<sup>1</sup>

Os eventos TCV (Travelling Convection Vortices) são variações impulsivas características das regiões de alta latitude, aproximadamente 72 graus de latitude. Sua assinatura em magnetogramas de altas latitudes é caracterizada por uma variação magnética isolada com dupla polaridade em uma das componentes e estritamente positiva ou estritamente negativa na outra componente. Essa assinatura se propaga em direção à cauda da Magnetosfera com velocidades de aproximadamente 0.1 a 0.3 graus/s, podendo ser associada a vórtices duplos de corrente gerados por correntes alinhadas as linhas de Campo Magnético ligando a Ionosfera e a Magnetopausa.

Nosso objetivo nesse trabalho foi, primeiramente, tentar identificar os eventos TCV e, posteriormente, estudar as características dos mesmos e os processos físicos envolvidos na geração e propagação destes eventos em baixas latitudes. Para isso, foram selecionados alguns eventos TCV estudados em altas latitudes para a identificação dos mesmos em baixas latitudes.

Com base nos eventos tabelados para altas latitudes, foram selecionados os dias e o(s) período(s) do dia a serem analisados. Utilizamos um período de duas horas, contendo o horário de ocorrência do evento em altas latitudes, e retiramos através do cálculo de residual, feito a partir de um ajuste polinomial, as variações de períodos maiores. Com isso, obtemos uma curva com as variações de período menor, a partir da qual podemos identificar os eventos TCV.

Identificado o evento em baixas latitudes, o próximo passo seria estudar a propagação dos eventos TCV, através das estações geomagnéticas equatoriais de coleta de dados, objetivando verificar características semelhantes àquelas da propagação do evento em altas latitudes e, por fim, encontrar os processos físicos envolvidos na geração e propagação dos mesmos.

Os principais resultados foram a identificação de alguns eventos TCV em baixas latitudes e a identificação das características de propagação do evento, apesar de alguns resultados serem conflitantes. O estudo das características e dos processos físicos envolvidos na geração dos eventos TCV é importante para o entendimento amplo das variações impulsivas e está sendo continuado servindo de base para estudos especializados futuros.

<sup>1</sup> Pesquisa financiada pela PRAE/UFSM, CNPq, FINEP e INPE

<sup>2</sup> Apresentador e autor, Acadêmico de Física, LACESM/CT/UFSM

<sup>3</sup> Orientador, Coordenador da Ação de Implantação do CRSPE/INPE - MCT

<sup>4</sup> Co-autor, Acadêmico de Física, LACESM/CT/UFSM

<sup>5</sup> Co-autor, Pesquisador, LACESM/CT/UFSM - OES/CRSPE/INPE





## ESTUDO DOS FENÔMENOS GEOMAGNÉTICOS NA REGIÃO DA ANOMALIA DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL EM SANTA MARIA<sup>2</sup>

Rogemar A. Riffel<sup>3</sup>, Nelson J. Schuch<sup>4</sup>, Ederson Staudt<sup>5</sup>, Jean C. Santos<sup>6</sup>, Nalin B. Trivedi<sup>7</sup>

A distribuição global da intensidade total do Campo Geomagnético apresenta uma região de mínimo, a qual compreende parte do território brasileiro e parte do oceano Atlântico, e é conhecida como região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul – AMAS ou também como região da Anomalia Magnética Brasileira – AMB.

Como consequência da redução da intensidade total do Campo Geomagnético sobre uma grande área cobrindo a região do território brasileiro, podemos esperar uma alteração no movimento de partículas carregadas na Ionosfera e Magnetosfera desta região. Essa alteração no movimento das partículas carregadas, prótons e elétrons principalmente, faz com que ocorra um aumento na sua precipitação e conseqüentemente um aumento da radiação X devido à desaceleração dos elétrons energéticos pela Atmosfera neutra. Outra consequência da redução da intensidade total do Campo Geomagnético é o dano sofrido por satélites e naves espaciais ao passar nesta região. Um dos danos mais comuns é chamado "Single Event Upset – SEU", onde um componente digital do satélite muda seu estado digital de 0 para 1 e perturba a função do experimento a bordo do satélite. A proteção dos satélites, veículos espaciais e astronautas é um problema real e de extrema importância.

O Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRSPE/INPE, juntamente com a Universidade Federal de Santa Maria – UFSM e a Universidade de Kyushu – Fukuoka – Japão, têm um programa de colaboração científica para conduzir medidas contínuas da variação nas componentes H, D e Z do Campo Geomagnético na grande região de Santa Maria [29.72 S, 53.72 O], mais exatamente no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE, em São Martinho da Serra – RS [29.44 S, 53.82 O]. As medidas são conduzidas por um magnetômetro do tipo fluxgate, com resolução de 0.05 nT e uma taxa de amostragem de 3 segundos. Em abril de 2000, foi instalado mais um magnetômetro fluxgate com a mesma capacidade de gravação de variações geomagnéticas.

Resultados desse programa de colaboração aparecem na utilização dos dados obtidos primeiramente em Santa Maria, e posteriormente em São Martinho da Serra, em diversas publicações. Por exemplo, os magnetogramas serviram como referência para o estudo do comportamento das ondas de plasma, na banda de corrente do Eletrojato Equatorial (EEJ), para o estudo das pulsações devido à "interação onda-partícula", na região da AMAS, para o estudo das pulsações geomagnéticas Pi2 e Pc4-5, dentre outros fenômenos.

---

<sup>1</sup> Co-autor, Acadêmico de Física, LACESM/CT/UFSM

<sup>2</sup> Pesquisa financiada pela PRAE/UFSM, CNPq, FINEP e INPE

<sup>3</sup> Apresentador e autor, Acadêmico de Física, LACESM/CT/UFSM

<sup>4</sup> Orientador, Coordenador da Ação de Implantação do CRSPE/INPE - MCT

<sup>5</sup> Co-autor, Acadêmico de Física, LACESM/CT/UFSM

<sup>6</sup> Co-autor, Acadêmico de Física, LACESM/CT/UFSM

<sup>7</sup> Co-autor, Pesquisador, LACESM/CT/UFSM - OES/CRSPE/INPE



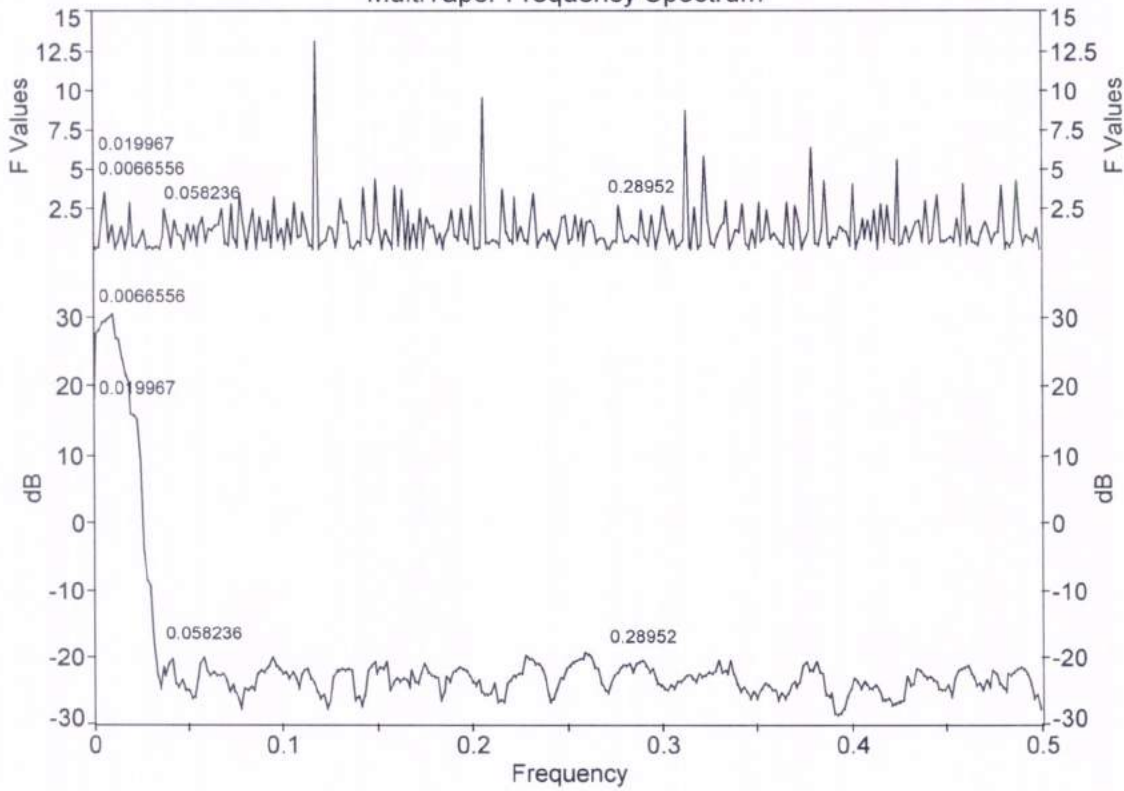


## **10.2 GRÁFICOS**

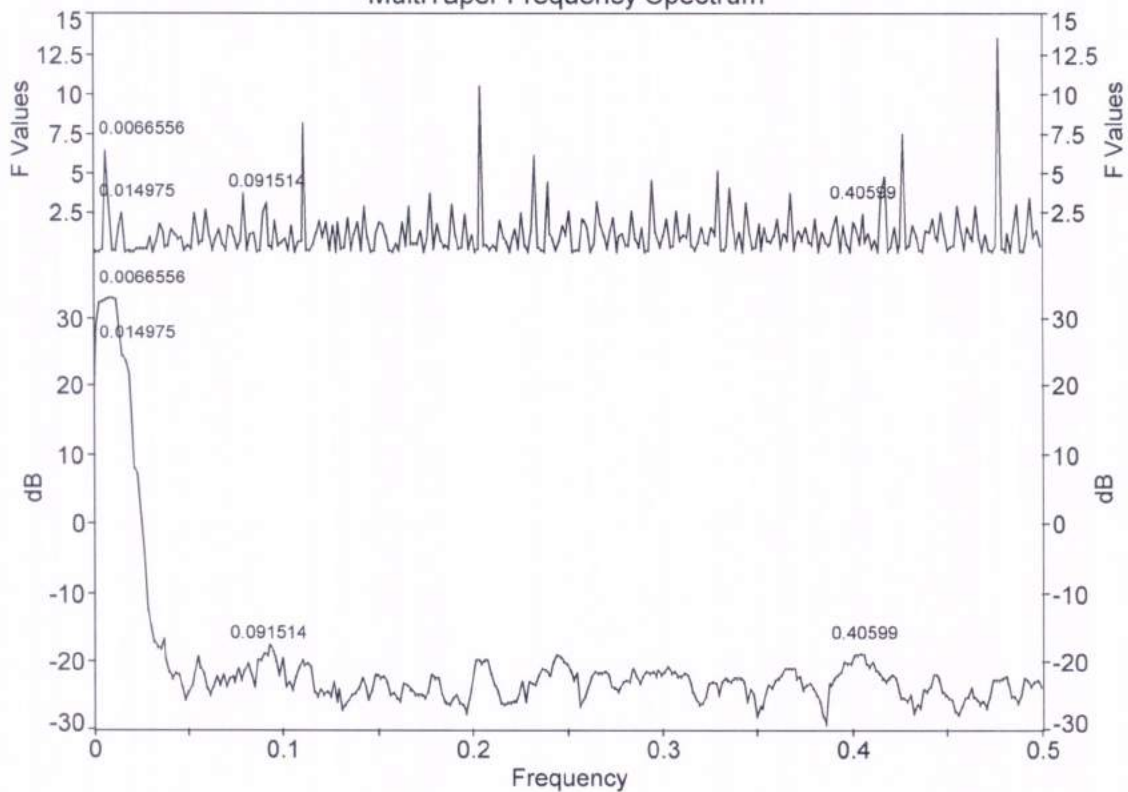
OBS: Os gráficos apresentados são referentes às variações na componente H do Campo Geomagnético. Os gráficos indicam a variação ocorrida a cada meia hora, portanto, a hora indicada no gráfico refere-se ao horário do final do evento, para encontrar o início basta subtrair 30 minutos (hora local).



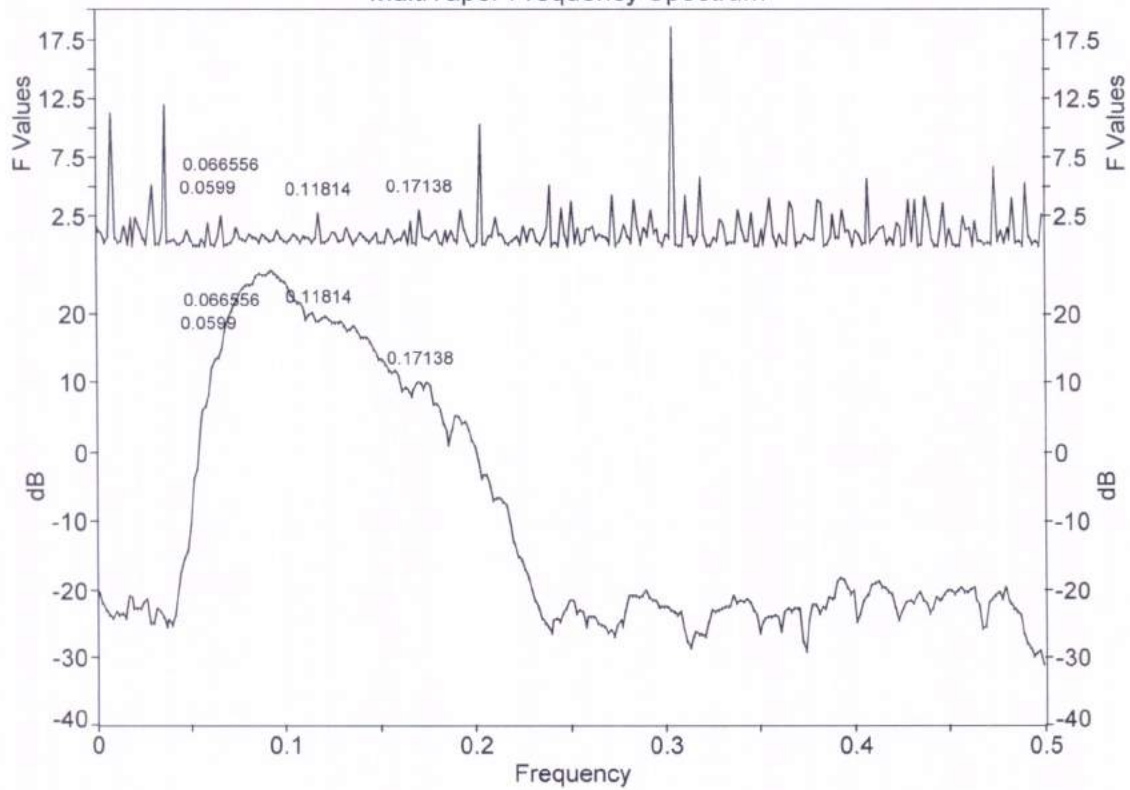
01/09/1994 Pc3 Horário: 7:00 h  
MultiTaper Frequency Spectrum



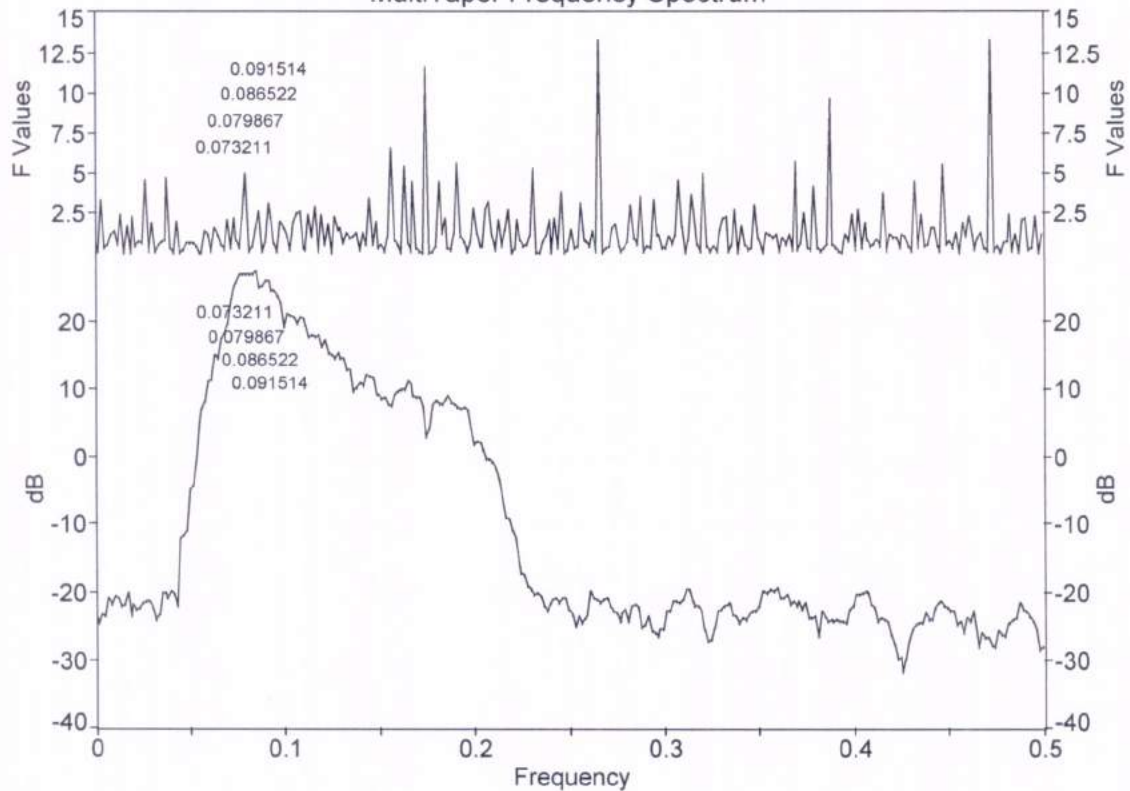
01/09/1994 Pc3 Horário: 7:30 h  
MultiTaper Frequency Spectrum



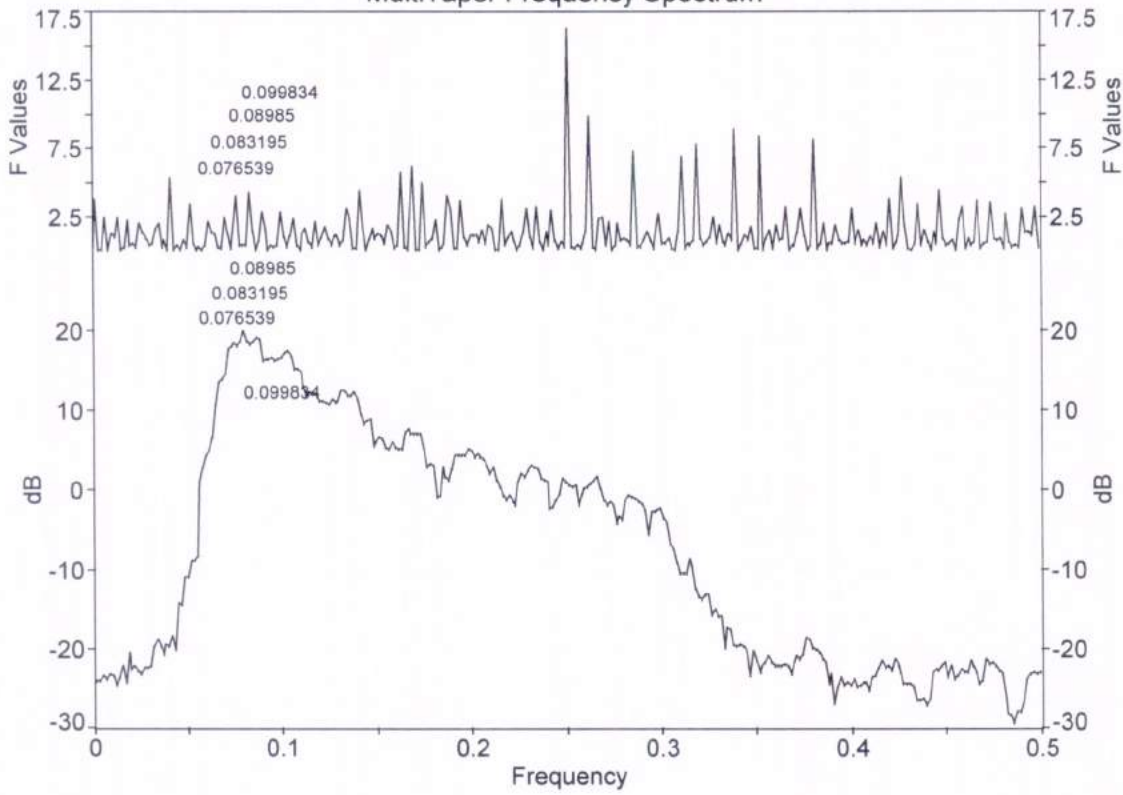
05/10/1994 Pc3 Horário: 16:00 h  
MultiTaper Frequency Spectrum



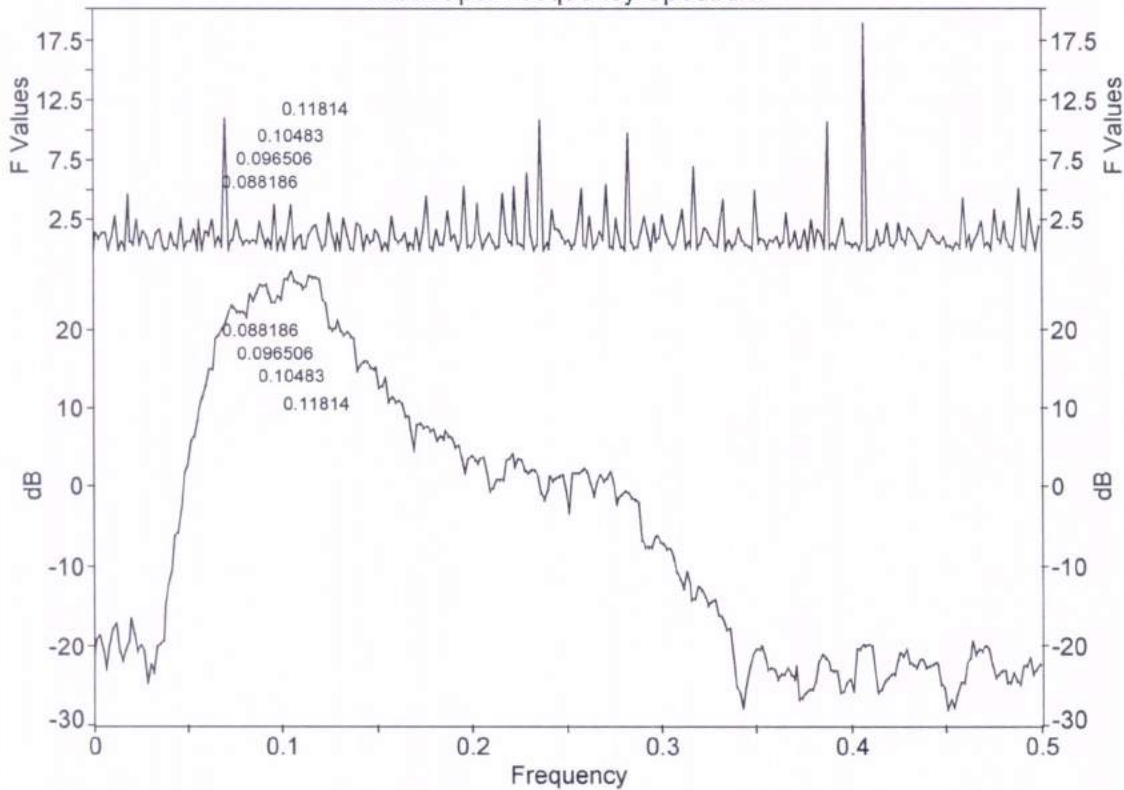
06/10/1994 Pc3 Horário: 6:00 h  
MultiTaper Frequency Spectrum



08/10/1994 Pc3 Horário: 5:30 h  
MultiTaper Frequency Spectrum



08/10/1994 Pc3 Horário: 15:30 h  
MultiTaper Frequency Spectrum



## ESTUDO DE PULSAÇÕES CONTÍNUAS E TRANSIENTES NO CAMPO GEOMAGNÉTICO NA GRANDE REGIÃO DA ANOMALIA MAGNÉTICA DO HEMISFÉRIO SUL

*Ederson Staudt<sup>16</sup>, Silvio Buchner<sup>1</sup> Nalin B. Trivedi<sup>17</sup>, Nelson J. Schuch<sup>18</sup>*

Basicamente, as variações no Campo Geomagnético são de dois tipos: de longo período, cuja causa principal é interna, e de período mais curto, causadas principalmente pela modulação da atividade solar. Podem citar-se a variação secular e a inversão do dipolo magnético como variações de origem interna. No caso das variações de origem solar, estas se devem principalmente a variações na intensidade de radiação e do vento solar, caracterizando uma tempestade solar. Quando esta radiação e partículas alcançam a Terra, ocorrem os fenômenos de distúrbios ionosféricos súbitos, tempestades ionosféricas e tempestades magnéticas.

As micropulsões são flutuações de curto período (da ordem de minutos a segundos) do Campo Magnético Terrestre. As amplitudes destas típicas flutuações são menores do que uma parte em  $10^4$  do campo principal e tem efeito transitório. A faixa de período na qual se considera as micropulsões está entre 0,2 e 7 minutos, com amplitudes de frações até centenas de “nono teslas” (nT).

As micropulsões observadas no solo e na Magnetosfera Terrestre devem-se a manifestações de ondas de plasma de frequência ultra baixa (ULF) na magnetosfera. Em geral é aceito que as micropulsões magnéticas são provocadas pela manifestação de ondas hidromagnéticas geradas por vários processos físicos. A interação do vento solar com o campo magnético da Terra é o principal processo de geração das micropulsões observadas em toda magnetosfera, ionosfera e na superfície terrestre. As micropulsões são geralmente observadas em estações terrestres e com instrumentos a bordo de satélites. Além das descrições que afetam as micropulsões, há também a necessidade de se identificar suas fontes geradoras. A geração de micropulsões dentro da magnetosfera por ondas magnetohidrodinâmicas (MHD) é relevante, uma vez que as micropulsões podem estar associadas a ondas geradas numa determinada região e inter-relacionadas a processos físicos correlacionados à interação Terra – Sol.

Para monitorar o comportamento das variações no Campo Geomagnético na região da Grande Anomalia do Atlântico Sul, fez-se uso de dados coletados pela estação geomagnética instalada no Observatório Espacial do Sul do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - OES/CRSPE/INPE - MCT.

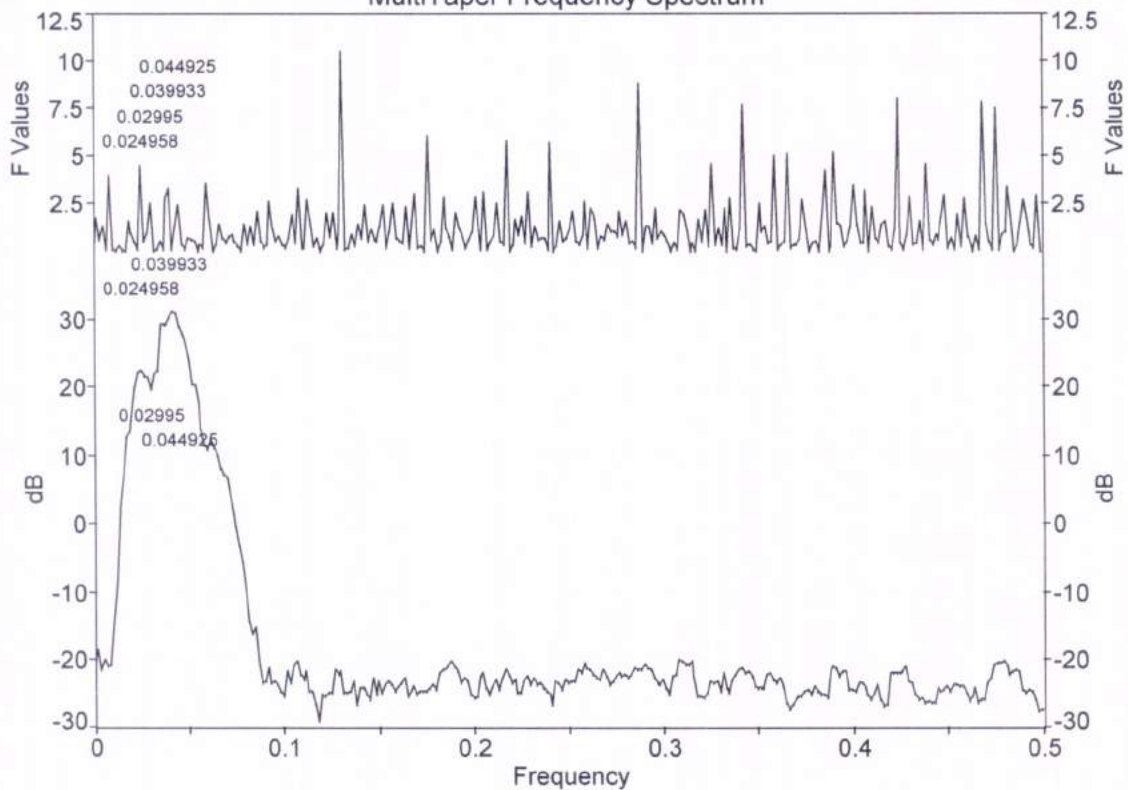
<sup>16</sup> Acadêmicos do Curso de Física da UFSM, bolsistas PIBIC/ CNPq - INPE no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE – MCT – [ederson@lacesm.ufsm.br](mailto:ederson@lacesm.ufsm.br); [silvio@lacesm.ufsm.br](mailto:silvio@lacesm.ufsm.br).

<sup>17</sup> Orientador, frente ao OES/CRSPE/INPE – MCT – [tivedi@lacesm.ufsm.br](mailto:tivedi@lacesm.ufsm.br).

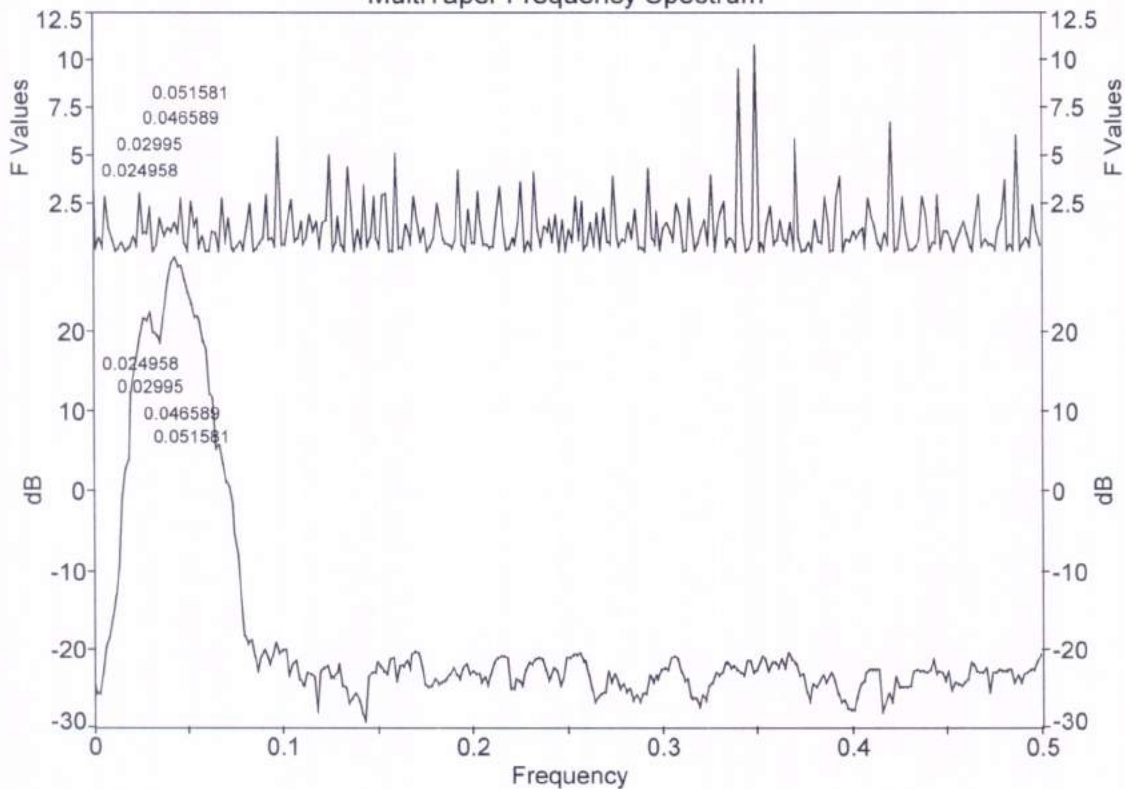
<sup>18</sup> Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRSPE/INPE - MCT – [njschuch@lacesm.ufsm.br](mailto:njschuch@lacesm.ufsm.br).



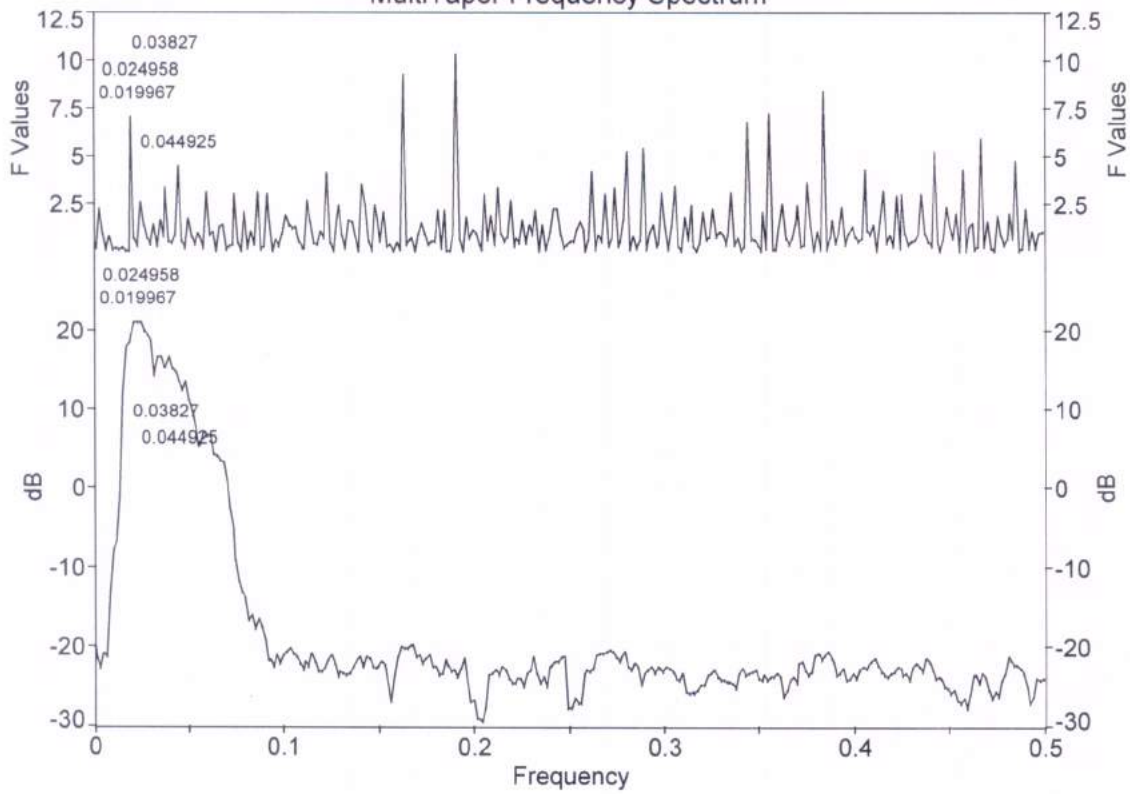
01/09/1994 Pc4 Horário: 2:30 h  
MultiTaper Frequency Spectrum



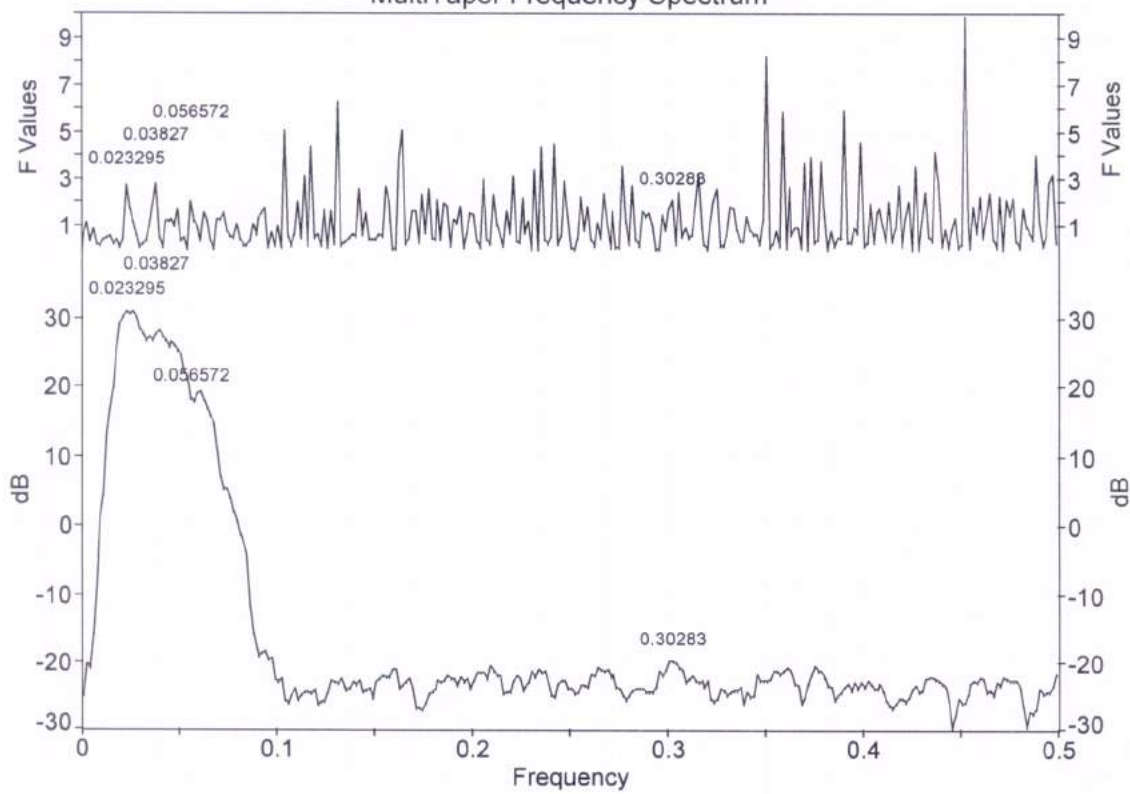
01/09/1994 Pc4 Horário: 3:00 h  
MultiTaper Frequency Spectrum



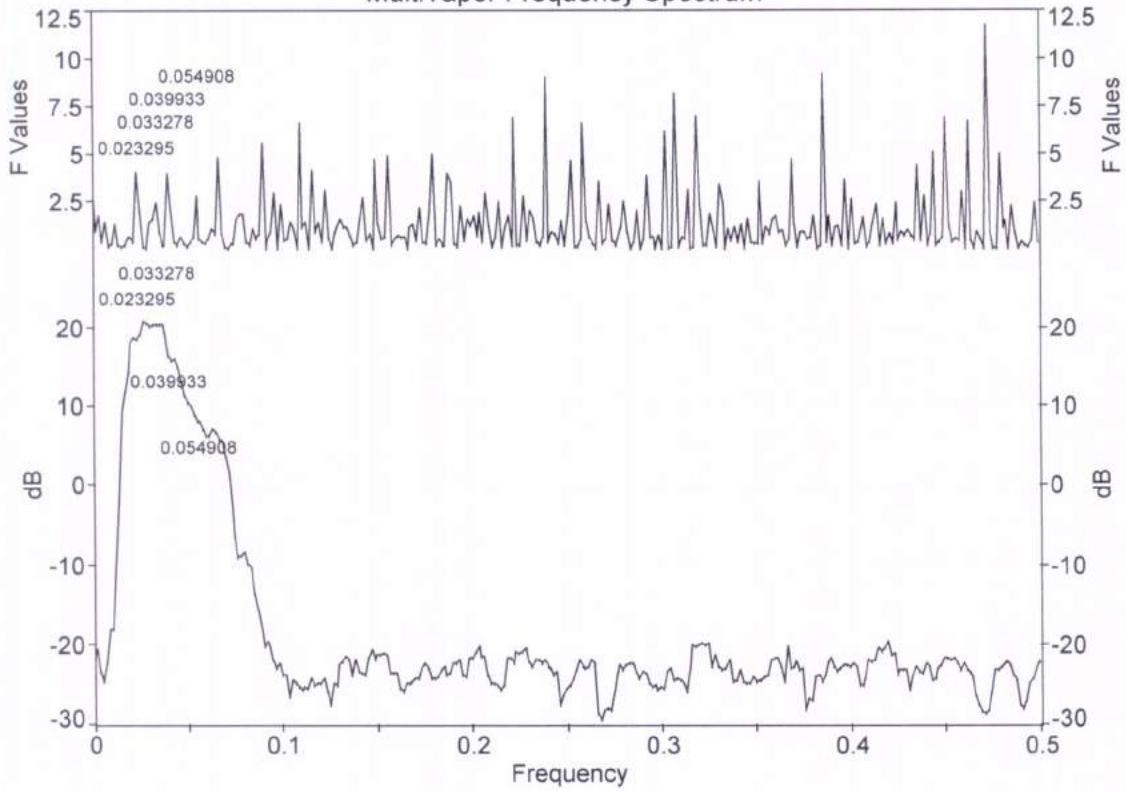
24/10/1994 Pc4 Horário: 13:30h  
MultiTaper Frequency Spectrum



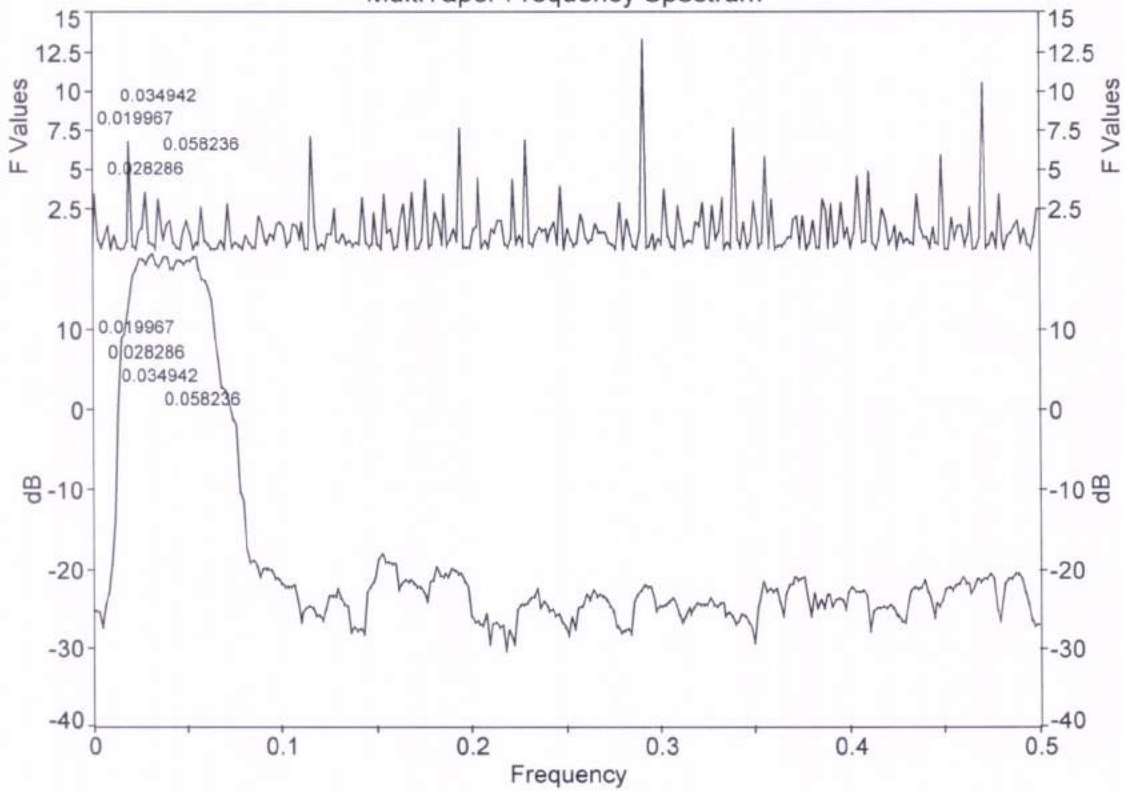
24/10/1994 Pc4 Horário: 16:00 h  
MultiTaper Frequency Spectrum



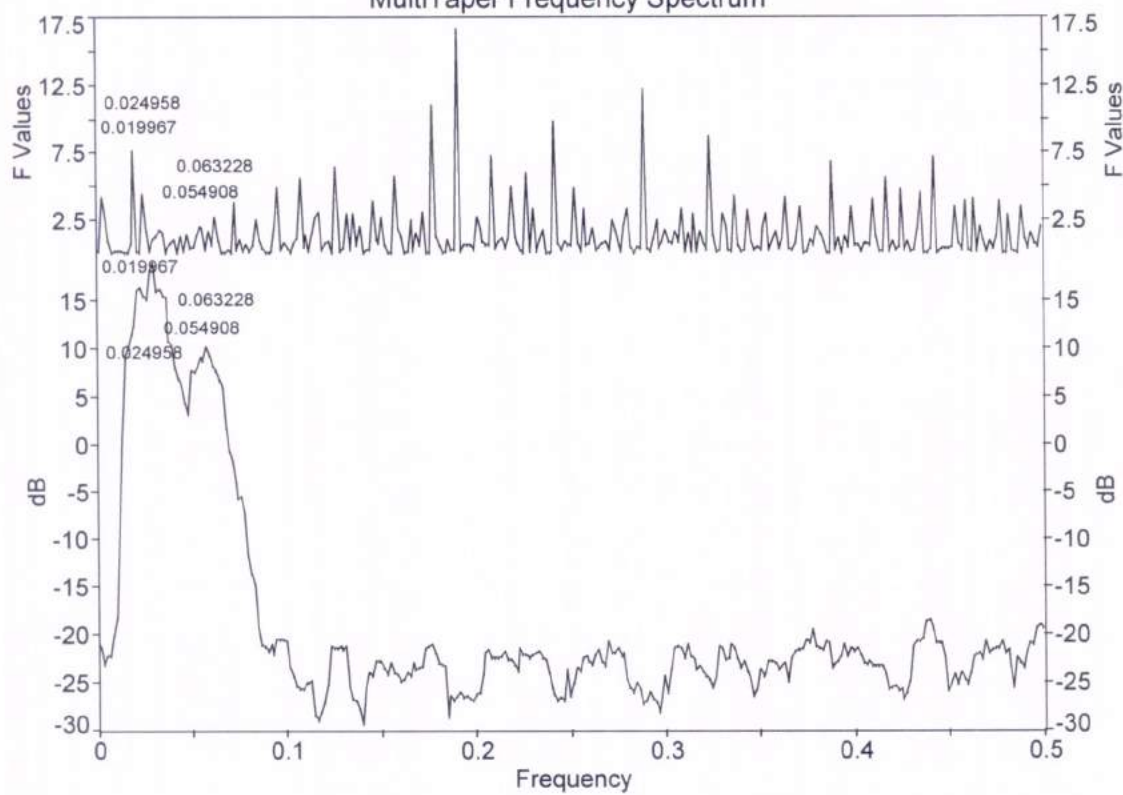
24/10/1994 Pc4 Horário: 21:30 h  
MultiTaper Frequency Spectrum



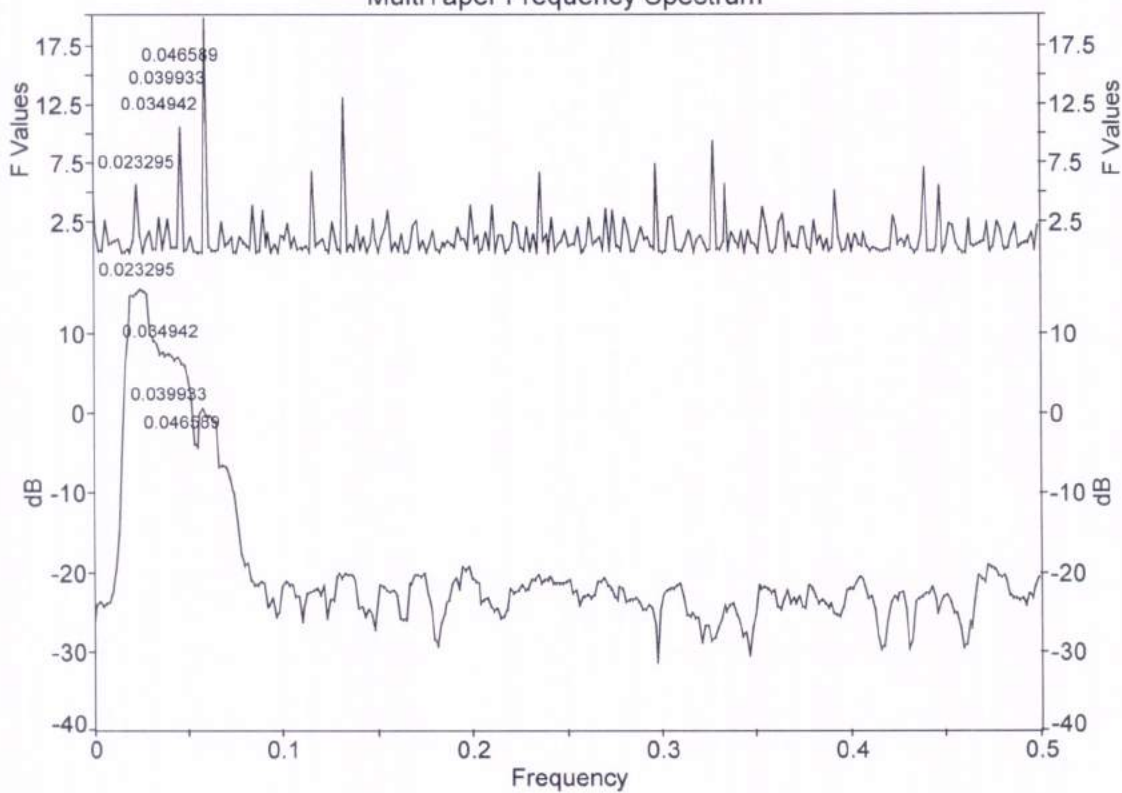
25/10/1994 Pc4 Horário: 1:00 h  
MultiTaper Frequency Spectrum



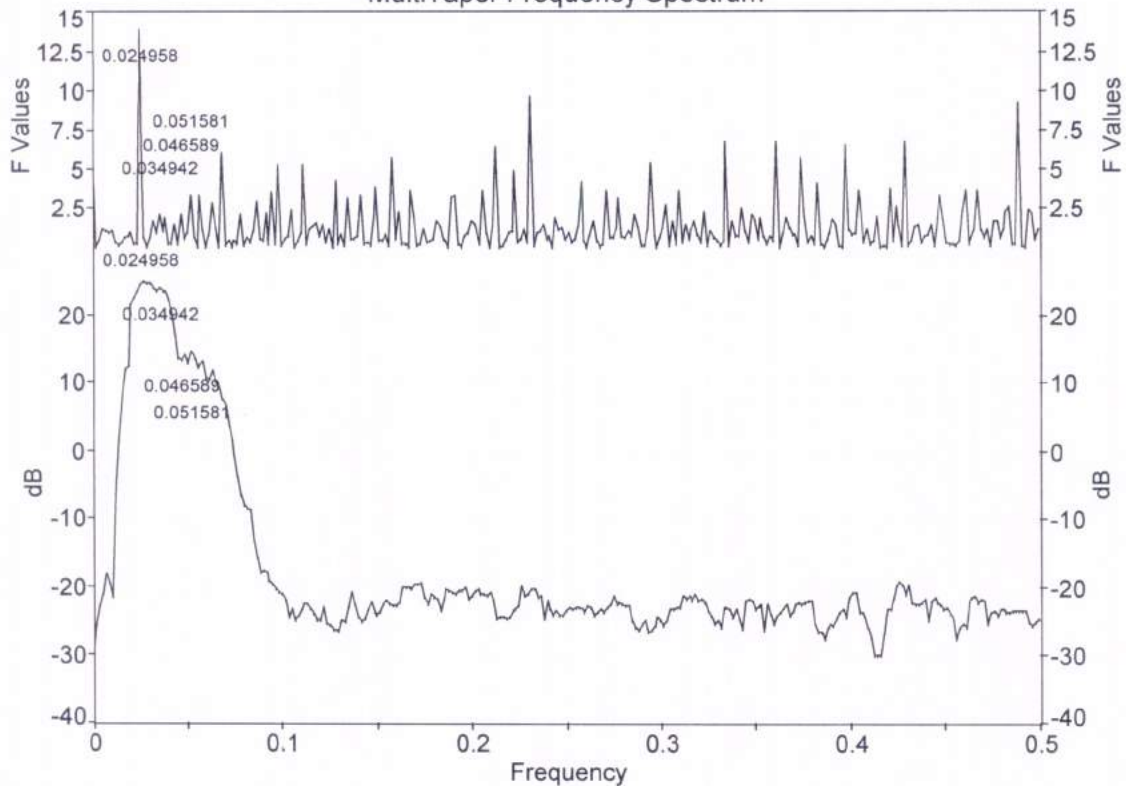
25/10/1994 Pc4 Horário: 13:00 h  
MultiTaper Frequency Spectrum



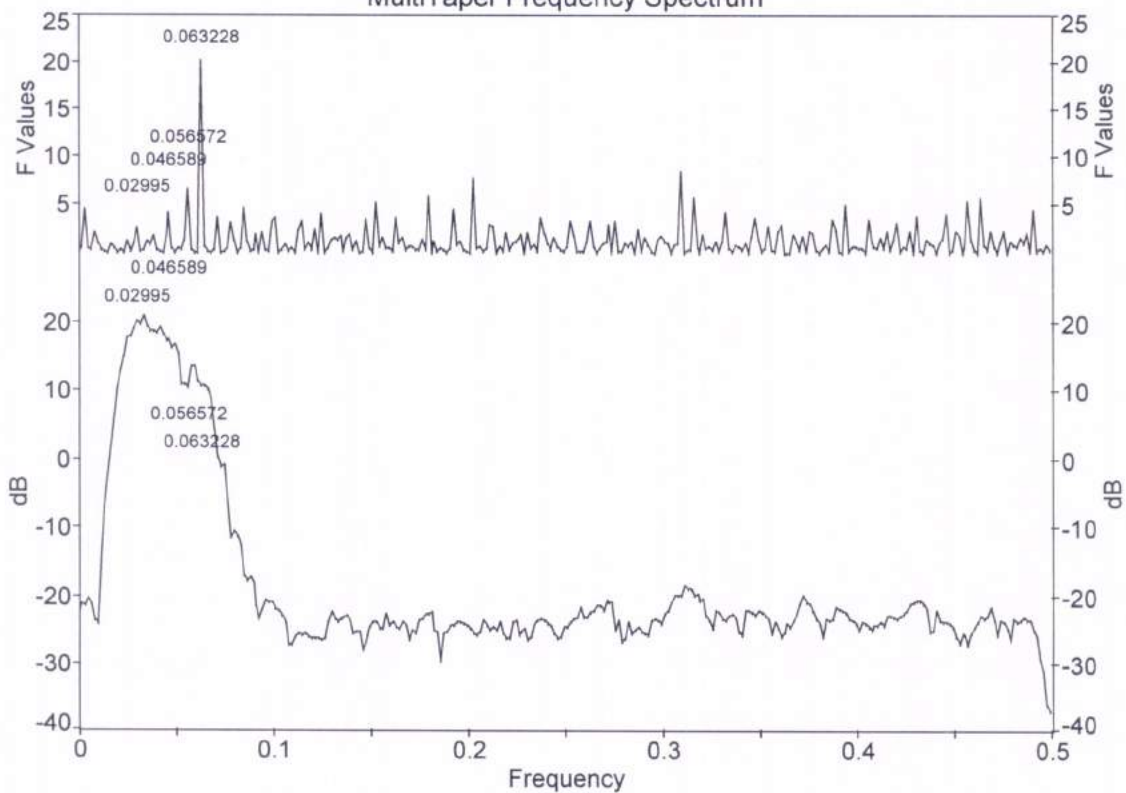
25/10/1994 Pc4 Horário: 6:00 h  
MultiTaper Frequency Spectrum



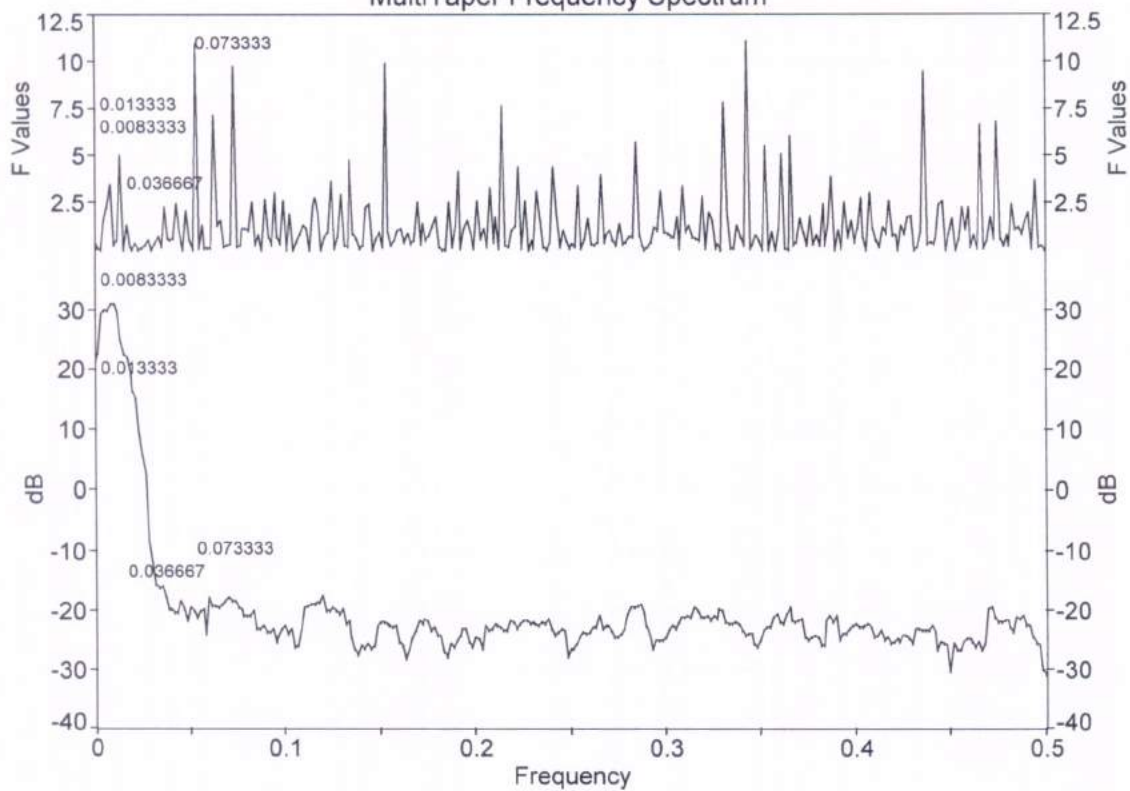
25/10/1994 Pc4 Horário: 15:00 h  
MultiTaper Frequency Spectrum



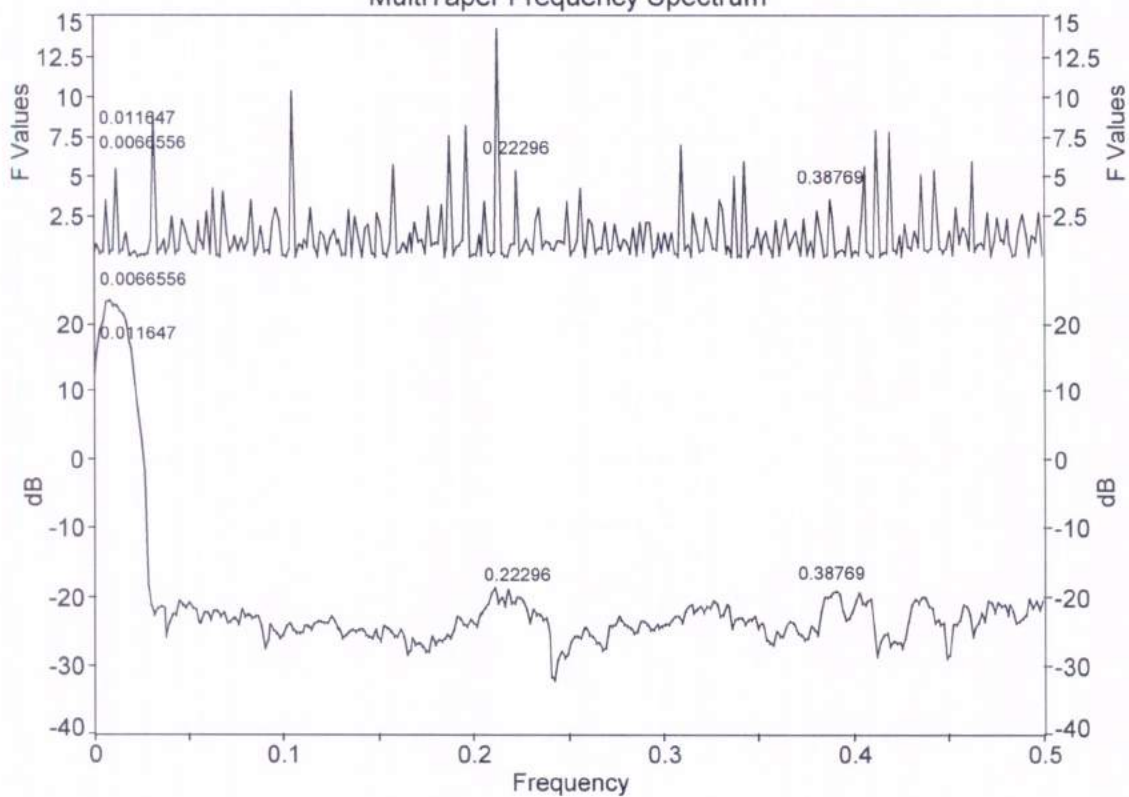
25/10/1994 Pc4 Horário: 18:00 h  
MultiTaper Frequency Spectrum

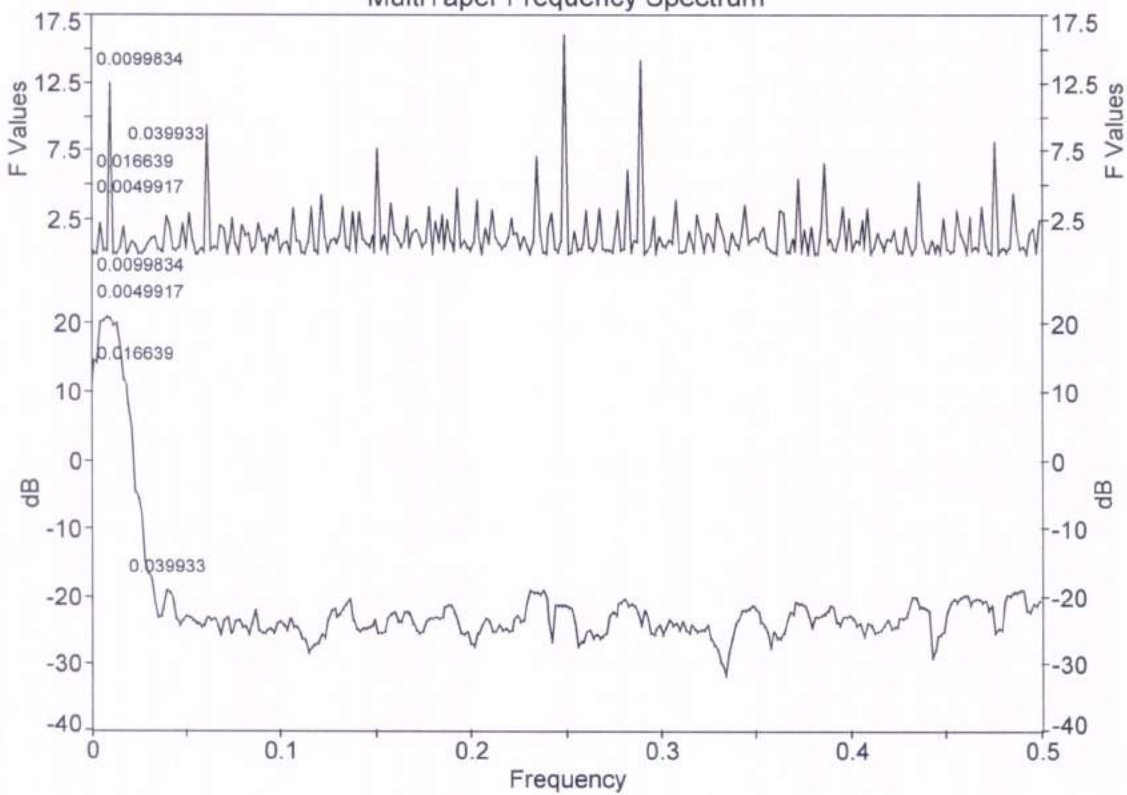
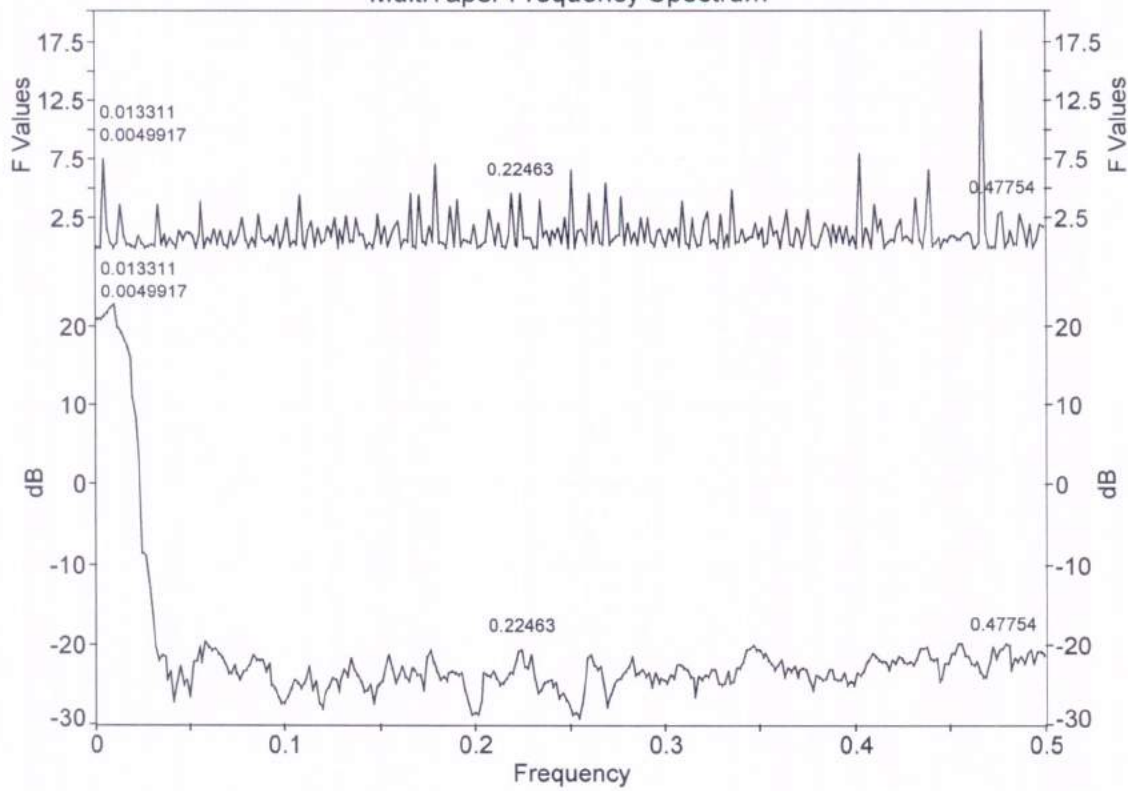


25/10/1994 Pc5 Horário: 0:30 h  
MultiTaper Frequency Spectrum

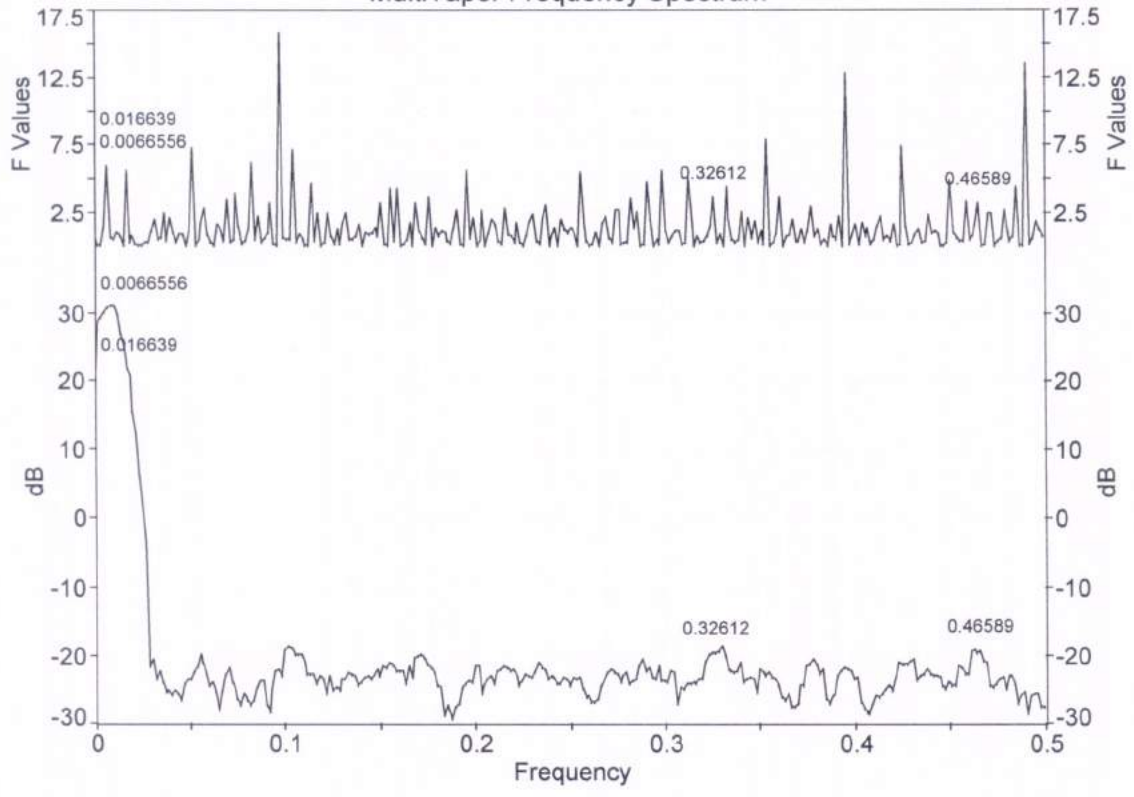


25/10/1994 Pc5 Horário: 5:30 h  
MultiTaper Frequency Spectrum





25/10/1994 Pc5 Horário: 12:30 h  
MultiTaper Frequency Spectrum



25/10/1994 Pc5 Horário: 16:00 h  
MultiTaper Frequency Spectrum

