

# ESTUDO DAS VARIAÇÕES DO TIPO Sq NO CAMPO GEOMAGNÉTICO NA REGIÃO DE SANTA MARIA

Jean Carlo Santos

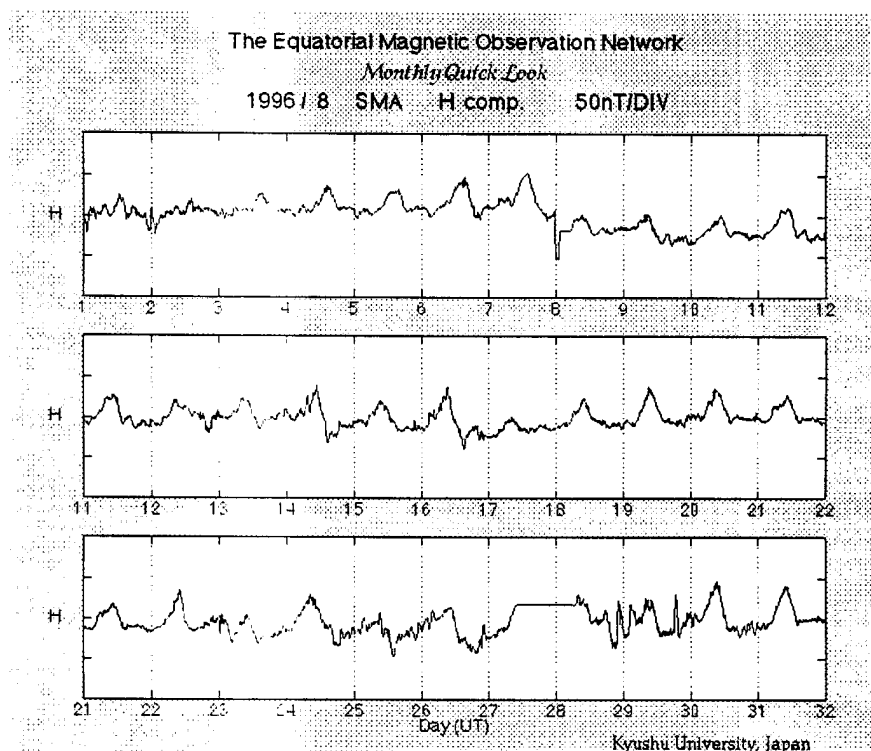
Aluno da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM - Bolsista PIBIC/CNPq

Orientadores: Dr. Nalin Babulal Trivedi, Pesquisador, DGE

Dr. Nelson Jorge Schuch, Pesquisador, Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais -  
CRSPE/INPE

Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE

O Campo Geomagnético esta sujeito a variações com períodos que vão de décimos de segundos à dezenas de milhares de anos. Dentro desse intervalo encontram-se variações com período aproximado de 24 horas e que, devido ao seu caráter repetitivo, são chamadas de variações diurnas ou variações Sq (figura 1).



**Figura 1 - Caráter repetitivo da variação da componente H do Campo Geomagnético, devido as correntes ionosféricas.**

Os dados da variação do Campo Geomagnético analisados, foram coletados em Santa Maria nos anos de 1991, 1992 e 1993. O equipamento utilizado foi um magnetômetro do tipo fluxgate, da universidade de Kyushu - Japão, instalado nas dependências da Universidade Federal de Santa Maria através de uma Cooperação Científica Internacional em Ciências Espaciais Básicas estabelecida entre o BRASIL/JAPÃO da qual participam o LACESM/UFSM, CRSPE/INPE, a Coordenadoria de Ciências Espaciais e Atmosférica do INPE e mais sete instituições japonesas.

Para o estudo dos sinais temporais obtidos pelo equipamento foi utilizado o software *Origin*, devido a facilidade de manipulação e sua disponibilidade.

Comparando-se os resultados, pode-se observar que:

Existem determinados períodos do ano em que a amplitude sofre um aumento ou uma redução. Como as variações do tipo Sq, estão associadas a correntes ionosféricas[2], podemos

**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  
ESTAÇÃO TERRENA DE RASTREIO E CONTROLE DE  
SATÉLITES - ETRCS/CRSPE/INPE  
OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL - OES/CRSPE/INPE**

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC - CNPq

**RELATÓRIO FINAL DE ATIVIDADES**

**Processo:  
106206/98-2**

**Título do Projeto:**

**Estudo do Campo Geomagnético na Região da Anomalia  
Magnética do Atlântico Sul**

**Bolsista:  
Jean Carlo Santos**

**Orientador:  
Nalin Babulal Trivedi**

**Co-Orientador:  
Nelson Jorge Schuch**

**Santa Maria, Junho de 1999.**

## **Dados de Identificação:**

**Bolsista:**

Jean Carlo Santos

**Orientador:**

Nalin Babulal Trivedi

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

**Co-Orientador:**

Nelson Jorge Schuch

Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - INPE

**Local de Trabalho/Execução do Projeto:**

Observatório Espacial do Sul - CRSPE/OES/INPE

Laboratório de Geofísica Espacial - LGE/LACESM



## ÍNDICE

<b>1.INTRODUÇÃO.....</b>	<b>2</b>
1.1.O CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – CRSPE/INPE EM SANTA MARIA .....	2
1.2.O OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL DO CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – OES/CRSPE/INPE EM SÃO MARTINHO DA SERRA – RS.....	4
1.3.A RADIOASTRONOMIA – PROJETO RA.....	5
1.4.CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS – O PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO OZÔNIO ATMOSFÉRICO.....	6
1.5.GEOMAGNETISMO E MAGNETOSFERA TERRESTRE.....	6
1.7.OBJETIVO GERAL DO PROJETO.....	7
1.6.COOPERAÇÃO CIENTÍFICA INTERNACIONAL BRASIL/JAPÃO EM CIÊNCIAS ESPACIAIS BÁSICAS.....	7
<b>2.DESENVOLVIMENTO TEÓRICO .....</b>	<b>8</b>
2.1.O CAMPO GEOMAGNÉTICO.....	8
2.2.ANOMALIA MAGNÉTICA BRASILEIRA – AMAS.....	9
2.3.ALGUNS ÍNDICES DE ATIVIDADE MAGNÉTICA.....	9
<i>Índice K</i> .....	10
<i>Índice a e A</i> .....	11
2.4.DIAS CALMOS.....	13
2.5.IONOSFERA.....	13
2.6.VARIAÇÕES GEOMAGNÉTICAS.....	16
2.6.1.VARIAÇÕES SQ OU VARIAÇÕES DIURNAS.....	16
<b>3.MÉTODOS E MATERIAIS.....</b>	<b>19</b>
3.1.MAGNETÔMETRO DE PRECESSÃO DE PRÓTONS.....	19
3.2.MAGNETÔMETRO DE INDUÇÃO DO INPE.....	20
3.3.MAGNETÔMETRO FLUXGATE DA UNIVERSIDADE DE KYUSHU.....	21
3.4.MANIPULAÇÃO E TRATAMENTO DOS DADOS.....	22
<b>5.RESULTADOS .....</b>	<b>23</b>
<b>6.CONCLUSÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>7.REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>26</b>





## 1. INTRODUÇÃO

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<sup>6</sup>.

### **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/INPE, em Santa Maria, e o subprojeto do OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL – OES/INPE em São Martinho da Serra – RS.





**Figura 1 - Obras do CRSPE/INPE em Santa Maria - RS.**

O Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRSPE/INPE, em Santa Maria, RS, visa o atendimento dos seguintes objetivos<sup>6</sup>:

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 Rastreo e Controle de Satélites – ETRCS/INPE e pelo Observatório Espacial do Sul- OES/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/INPE e OES/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<sup>6</sup>:

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;
3. Executar e desenvolver as atividades e projetos de pesquisa técnico e científica em Aeronomia, nas áreas da físico-química e da física da alta atmosfera e da ionosfera;
4. Coletar dados, arquivando-os e mantendo-os em banco de dados formatados de acordo com padrões internacionais;
5. Desenvolver e fortalecer atividades de cooperação científica com pesquisadores e instituições de pesquisa nacionais e estrangeiras;

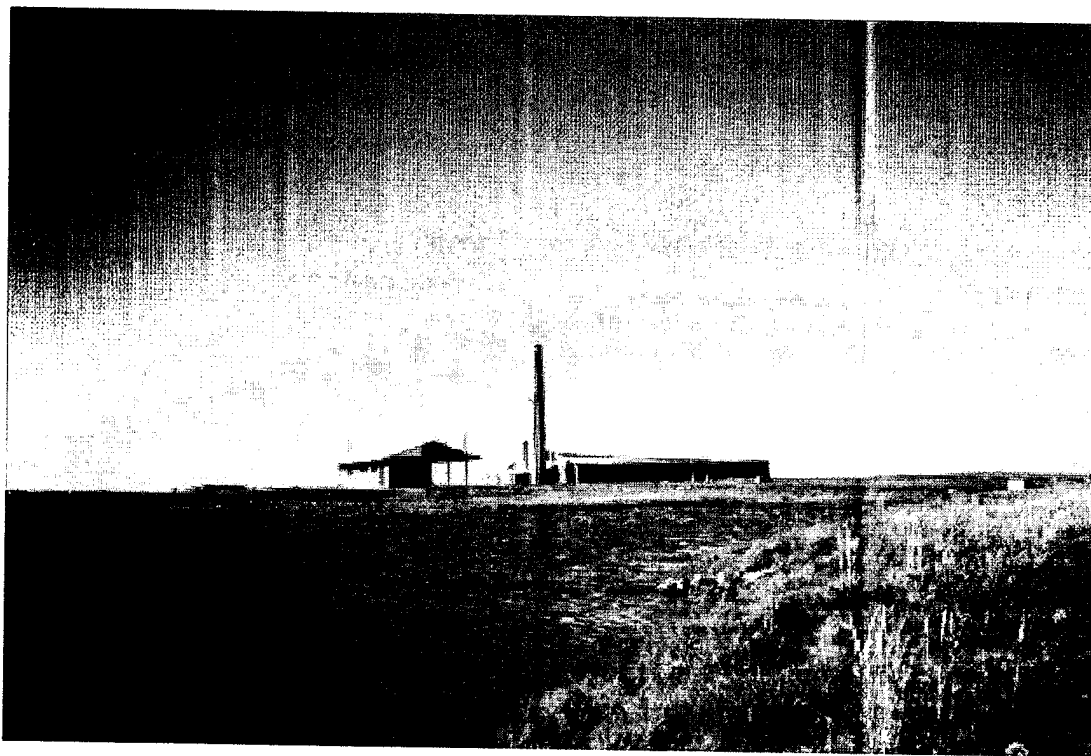
O programa de escolha de sítio envolveu estudo técnico e científico de escolha de sítios, nas regiões Centro-Oeste e Sul do Brasil, no Rio Grande do Sul e finalmente na grande região de Santa Maria e atendendo a metodologia da consideração dos fatores: antropogênicos, logísticos, macro e microclima, meteorológicos e do nível da rádio interferência natural e artificial, pré-requisitos básicos e necessários na pesquisa de escolha e instalação de um sítio, observatório, para observações rádio astronômica.

A localização geográfica e topografia do Observatório são estratégicas, devendo ser ressaltado que não se tem conhecimento da existência de nenhum outro Observatório Espacial do gênero, no Hemisfério Sul, na latitude do Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE, o que





torna inédita, original e de primeira mão, a natureza dos dados coletados por seus instrumentos<sup>6</sup>.



**Figura 2 - Prédios 2 e 3, de um total de seis prédios, do Observatório Espacia 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<sup>6</sup>.

### **1.3. A RADIOASTRONOMIA – PROJETO RA.**

O Projeto Radioastronomia – Projeto RA, visa a construção de um Radiointerferômetro de Síntese de Abertura com a Rotação da Terra, de longa linha de base, 5 a 8 Km – direção Leste/Oeste, operando em baixas frequências, centrada em 150 MHz, através da construção de laboratórios e áreas de apoio adequadas à execução de atividades científicas para implantação no País de técnicas Radiointerferométricas<sup>6</sup>. O projeto propicia o desenvolvimento de pesquisas e a formação de recursos humanos em







Ciências Espaciais Básicas, priorizando a Astrofísica, Aeronômica, Geofísica Espacial, Geomagnetismo, Interações Terra-Sol, dentre outras áreas do saber, além das tecnologias vinculadas as áreas de engenharias associadas.

#### **1.4. 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 estratosféricas e correlações com os fenômenos vinculados com a Anomalia Magnética do Atlântico Sul<sup>6</sup>.

#### **1.5. GEOMAGNETISMO E MAGNETOSFERA TERRESTRE**

A Coordenação de Ciências Espaciais e Atmosféricas, com sua Divisão de Geofísica Espacial – INPE/CEA/DGE, foi a primeira unidade do INPE a instalar sensores e equipamentos científicos, do tipo magnetômetros, em Santa Maria.

Foi com a colocação em operação dos sensores de um magnetômetro do tipo de indução, instalados pela Divisão de Geofísica Espacial próximos ao PRÉDIO 1, em colaboração com o LACESM, que o Observatório Espacial do Sul, em São Martinho da Serra, entrou em operação na data histórica de 19/12/1996, com a produção dos primeiros dados observacionais científicos. Atualmente, o Laboratório de Geofísica Espacial – OES/CRSPE/INPE conta





com mais quatro magnetômetros: dois do tipo fluxgate e dois de precessão de prótons.

### **1.7. OBJETIVO GERAL DO PROJETO**

O Projeto tem por objetivo pesquisar, monitorar e estudar o vetor campo magnético na região da AMAS, com ênfase as variações diurnas do tipo Sq. Para tal utiliza um magnetômetro do tipo indução, dois magnetômetros do tipo fluxgate e dois magnetômetros de precessão de prótons, estando o modelo fluxgate instalado no Observatório Espacial do Sul - CRSPE/INPE - UFSM, em São Martinho da Serra - RS.

### **1.6. COOPERAÇÃO CIENTÍFICA INTERNACIONAL BRASIL/JAPÃO EM CIÊNCIAS ESPACIAIS BÁSICAS**

Uma Cooperação Científica Internacional de coleta e análise de dados por longo período, 12 anos, equivalente a um ciclo solar ou 11 anos, foi estabelecida entre o BRASIL/JAPÃO em Ciências Espaciais Básicas. Nesta cooperação participam pelo lado brasileiro o LACESM da UFSM e a Coordenadoria de Ciências Espaciais e Atmosféricas do INPE, pelo lado japonês participam três institutos de pesquisa: National Institute of Polar Research; Communication Research Laboratory; National Institute of Radiological Sciences, e cinco universidades : Nagoya University; Kyushu University; Takushoku University; Kokugakuin University ; e Rikkyo University.

Esta cooperação tem como principal objetivo pesquisar os fenômenos dinâmicos: aeronômicos, geofísicos espaciais, geomagnéticos e impacto ambiental que ocorrem na grande região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul<sup>6</sup>.

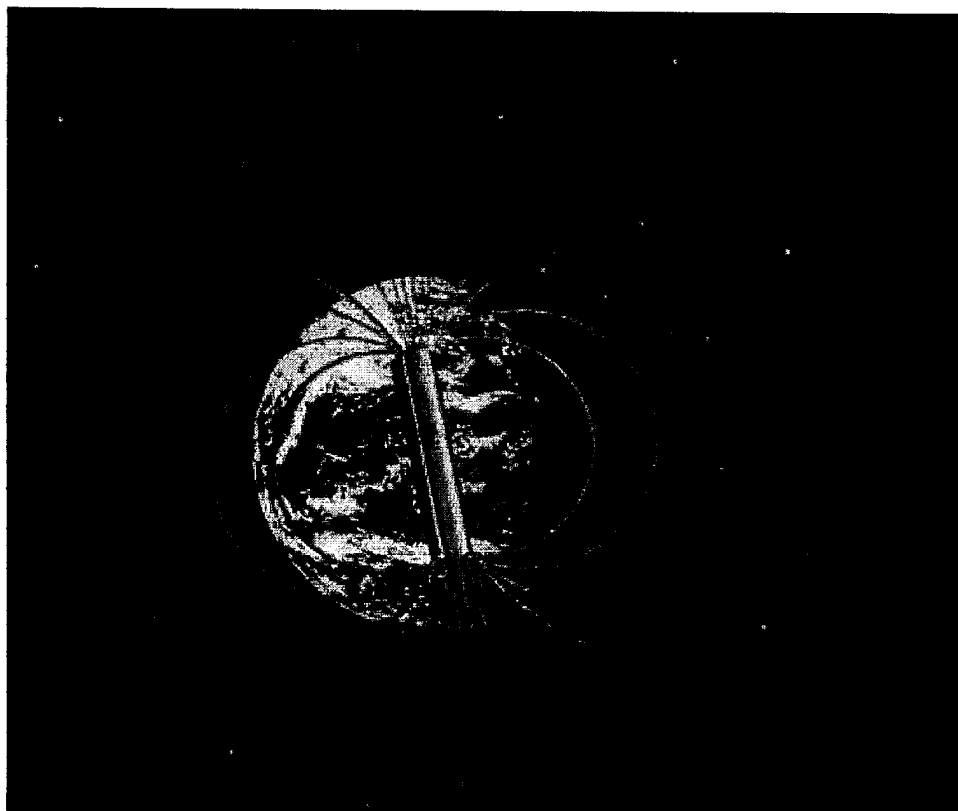




## 2. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

### 2.1. O CAMPO GEOMAGNÉTICO

A Terra possui um campo magnético que pode ser dividido em duas partes: um campo principal, cuja origem atribui-se a correntes existentes no núcleo fluídico da Terra, e que corresponde a 99% de seu total; e outros campos, de intensidade variável, e que são produzidos por correntes elétricas nas regiões ionizadas vizinhas ao planeta (Ionosfera e Magnetosfera).



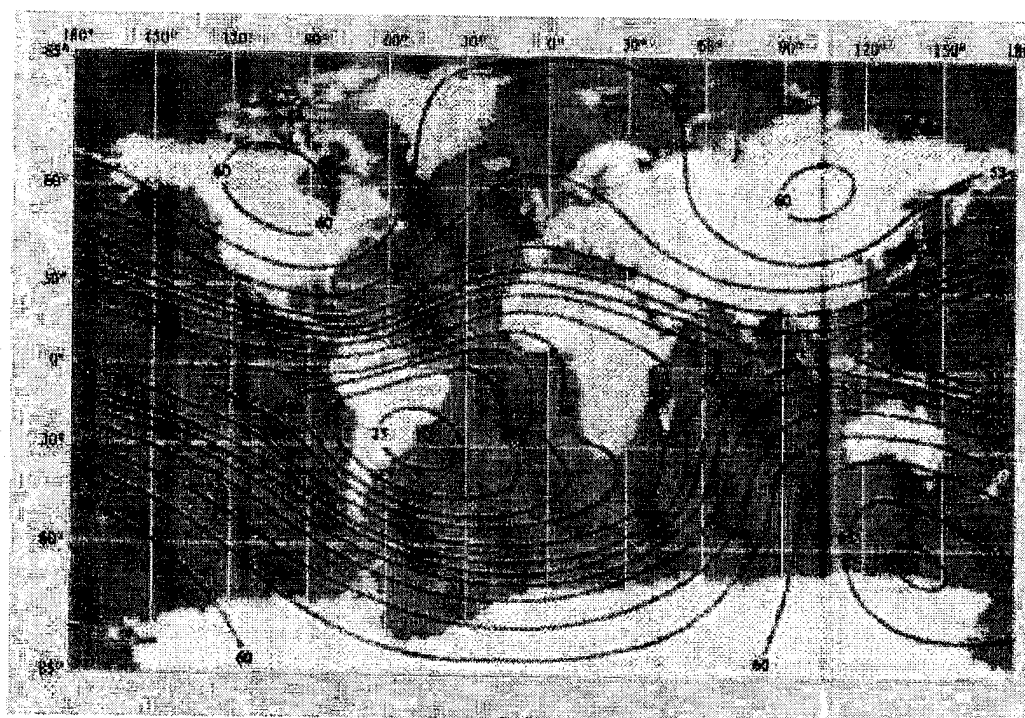
**Figura 3 - Dipolo magnético colocado no centro da Terra e levemente inclinado em relação ao eixo de rotação. (Gonzales, W. D. ; Junior, O. P.; 1989)**

Uma representação para o campo principal, seria a de um dipolo excêntrico. Um dipolo excêntrico é um dipolo cujo eixo está deslocado com relação ao eixo de rotação da Terra em aproximadamente  $11^\circ$ , e o centro do dipolo está deslocado cerca de 500 Km do centro geográfico da Terra ao longo da longitude  $33^\circ$ . Essa representação permite reproduzir o Campo Geomagnético com uma margem de erro de 10%<sup>5</sup>.



## 2.2. ANOMALIA MAGNÉTICA BRASILEIRA – AMAS

O Campo Geomagnético é assimétrico, sendo que a região de menor intensidade compreende parte do oceano Atlântico e parte do Território brasileiro. Esse fenômeno é denominado de “Anomalia Magnética Brasileira” ou “Anomalia Magnética do Atlântico Sul” e sua principal consequência é a maior precipitação de partículas que ocorre nessa região devido ao rebaixamento do cinturão de radiação que circunda o planeta, também conhecido como cinturão de Van Allen.



**Figura 4 - Contorno de igual intensidade do campo geomagnético na superfície da Terra, no ano de 1960. Note-se que a intensidade do campo sofre sensível redução na região do Atlântico Sul próxima à costa do Brasil, onde atinge valores em torno de 0,25 Gauss. (Gonzales, W. D. ; Junior, O. P.; 1989)**

## 2.3. ALGUNS ÍNDICES DE ATIVIDADE MAGNÉTICA

O grau de perturbação magnética é indicado por vários índices. Os que serão descritos aqui são de importância fundamental para a realização deste trabalho.



## Índice K

Este índice expressa a atividade magnética para um período de três horas, assumindo valores de 0 a 9. Para obtê-lo é examinada a faixa de variação de cada componente do campo para cada intervalo de três horas. O maior valor, independente de qual componente ele se refere, será usado na obtenção do índice K. A escala que permite obter K em função da máxima variação é quase logarítmica, e para uma estação à médias latitudes é:

Faixa (gammas)	Índice K
0 – 5	0
5 – 10	1
10 – 20	2
20 – 40	3
40 – 70	4
70 – 120	5
120 – 200	6
200 – 320	7
320 – 500	8
Maior que 500	9

As faixas para a classificação do índice de atividade em observatórios nas várias latitudes geomagnéticas, são obtidas multiplicando-se as faixas acima por uma constante cuidadosamente escolhida, de modo que as frequências de ocorrência dos valores de K sejam as mesmas nos vários observatórios.

Para evitar isso, foi introduzido o índice K<sub>p</sub> (K planetário). Para obtê-lo são utilizadas informações de vários observatórios, sendo que os dados destes observatórios são processados afim de eliminar efeitos locais, longitudinais e sazonais, levando a índices padronizados K<sub>s</sub>, expressos numa escala de terços:





$0_0, 0_+, 1_-, 1_0, 1_+, \dots, 9_-, 9_0$

Onde, por exemplo:

$$5_- = 5 - 1/3 = 14/3$$

$$5_0 = 5$$

$$5_+ = 5 + 1/3 = 16/3$$

A média dos índices  $K_S$  constitui o índice planetário  $K_p$ , também numa escala de terços e com 28 níveis.

### Índice a e A

Para correlacionar a atividade magnética a outros fenômenos é preferível utilizar uma escala linear ao invés de uma escala logarítmica. Por isto, a partir do índice  $K_p$  foram definidos os índices  $a_p$  e  $A_p$ .

A tabela abaixo é utilizada na conversão do índice  $K_p$  para o índice  $a_p$ .

Índice $K_p$	Índice $a_p$
$0_0$	0
$0_+$	2
$1_-$	3
$1_0$	4
$1_+$	5
$2_-$	6
$2_0$	7
$2_+$	9
$3_-$	12
$3_0$	15
$3_+$	18
$4_-$	22





4 <sub>0</sub>	27
4 <sub>+</sub>	32
5.	39
5 <sub>0</sub>	48
5 <sub>+</sub>	56
6.	67
6 <sub>0</sub>	80
6 <sub>+</sub>	94
7.	111
7 <sub>0</sub>	132
7 <sub>+</sub>	154
8.	179
8 <sub>0</sub>	207
8 <sub>+</sub>	236
9.	300
9 <sub>0</sub>	400

Para observatórios isolados, a tabela de conversão é:

Índice K	Índice a
0	0
1	3
2	7
3	15
4	27
5	48
6	80
7	140
8	240
9	400





O índice  $A_p$  é dado pela média diária dos índices  $a_p$ , ao passo que o índice  $A$  é dado pela média dos índices  $a$ .

## 2.4. DIAS CALMOS

Os dias calmos são obtidos a partir da verificação dos cinco dias que apresentam o índice  $K_p$  mais baixo, para o período de um mês. Infelizmente, os "dias calmos" podem não ser tão calmos assim, em um mês perturbado.

A porcentagem de dias magneticamente calmos em um ano é controlado pela atividade solar<sup>2</sup>. Os níveis geomagnéticos mais calmos ocorrem sobre, ou depois, do mínimo de manchas solares. Portanto, como no caso da atividade solar, o ciclo de anos geomagneticamente calmos é de 11 anos.

Uma lista com os dez dias mais quietos de cada mês (anexo A) pode ser obtida em:

[http://www.gfz-potsdam.de/pb2/pg3/niemegk/kp\\_index/quietdst/qd19909x.html](http://www.gfz-potsdam.de/pb2/pg3/niemegk/kp_index/quietdst/qd19909x.html)

## 2.5. IONOSFERA

A Ionosfera é uma 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. A manutenção dessa região se dá através da produção e remoção de íons e elétrons na alta Atmosfera. As fontes de ionização são radiações x e ultravioleta, produzidas pelo Sol, partículas energéticas, raios cósmicos, radiação de fontes estelares, entre outras. A remoção de íons se dá através da recombinação destes com elétrons.

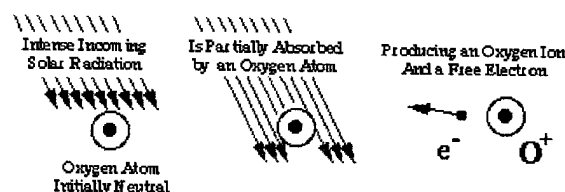


Figura 5 - Processo de ionização através da absorção de radiação pelo átomo neutro de oxigênio.







Podemos dividir a Ionosfera em “camadas” ou “regiões”, a saber: região D, região E, região F1 e região F2. Essas “regiões” são determinadas através de medidas da reflexão de ondas eletromagnéticas em determinada frequência, chamada de frequência crítica, a qual está associada a densidade de elétrons através da fórmula:

$$f_{\text{crit}} (\text{Hz}) = 9\sqrt{N_{\text{máx}} (\text{elétrons} / \text{m}^3)}$$

A densidade de elétrons em todas essas regiões varia com a hora do dia, altitude, estação do ano, intensidade da radiação solar ionizante e nível de atividade magnetosférica.

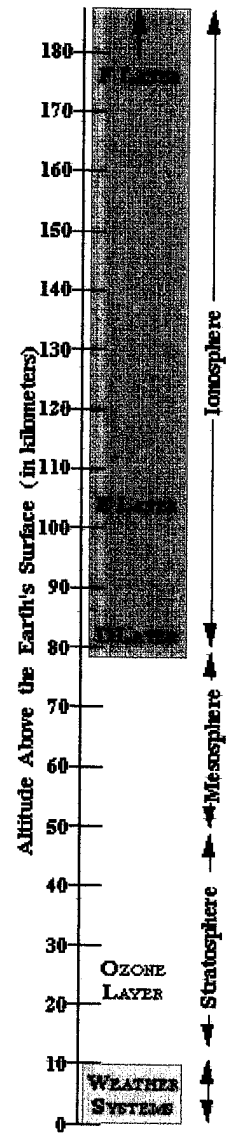


Figura 6 – Divisão da ionosfera em suas respectivas camadas.





Na região E a taxa de perda de elétrons é grande, e conseqüentemente o tempo de vida é curto, enquanto que na região F ocorre o contrário. Uma importante conseqüência do longo tempo de vida do elétron na região F, é que o plasma pode ser transportado a distâncias significantes por vários processos dinâmicos antes de se recombinar. Além disso, a presença de elétrons livres e íons tornam a Ionosfera uma boa condutora de eletricidade, principalmente a altas altitudes. A condutividade da Ionosfera sofre a influência do Campo Geomagnético, sendo a condutividade na direção das linhas de campo muito maior do que na direção perpendicular. O que torna as correntes perpendiculares comparáveis as correntes paralelas as linhas de campo são os intensos campos elétricos produzidos verticalmente. Correntes intensas são encontradas entre 60 e 200 km de altitude, onde íons e elétrons tendem a mover-se com velocidades diferentes.

Outra fonte de correntes verticais, além dos campos elétricos, são os ventos termosféricos. Esses ventos termosféricos geram um efeito dínamo, semelhante a um gerador dínamo elétrico, o qual cria correntes ionosféricas de escala global. Um entendimento de como o modelo global das correntes ionosféricas e dos potenciais elétricos são estabelecidos, pode ser obtido como segue: Ventos termosféricos tendem a soprar do ponto sub-solar em resposta ao aquecimento solar diurno. Em médias latitudes, no lado iluminado pelo sol, estes ventos interagem com o campo magnético e tendem a conduzir um circuito de corrente no sentido anti-horário, no Hemisfério Norte, e um circuito parcial no sentido horário, no Hemisfério Sul. A convergência dessas correntes em baixas latitudes no período da manhã e a divergência no período da tarde tendem a acumular cargas que produzem um alto potencial elétrico no período da manhã e um baixo potencial elétrico no período da tarde. O campo elétrico resultante na direção leste em baixas latitudes, no lado iluminado da Terra, ajuda a conduzir correntes no sentido anti-horário (Hemisfério Norte) e no sentido horário (Hemisfério Sul). Pequenas correntes fluem no lado escuro da Terra devido a baixa condutividade.

Outro exemplo de corrente global, é aquele onde uma corrente surge em uma linha de campo conectando os Hemisférios Norte e Sul, devido a uma diferença de potencial existente entre as extremidades da linha na região onde





ela atinge a ionosfera dos dois Hemisférios. A soma total de correntes fluindo de um Hemisfério para o outro ao longo de linhas de campo magnético pode ser tão grande quanto o fluxo de um dos circuitos de corrente que existem em cada Hemisfério.

## **2.6. VARIAÇÕES GEOMAGNÉTICAS**

Basicamente existem dois tipos de variação magnética: as que correspondem a períodos magneticamente calmos, e as variações mais intensas associadas a tempestades magnéticas<sup>3</sup>. As variações diurnas do primeiro tipo ou calmas, são de dois tipos principais, a variação Sq, e uma mais fraca chamada variação L. A primeira é influenciada pela ação do Sol (S), em tempo calmo (q), e a segunda pela Lua (L). As variações mais intensas, associadas às tempestades, são as variações perturbadas.

Nossa atenção repousa sobre as variações magnéticas correspondentes a períodos magneticamente calmos, mais exatamente as variações do tipo Sq.

### **2.6.1. VARIAÇÕES SQ OU VARIAÇÕES DIURNAS**

A radiação solar pode interagir com a Ionosfera de duas maneiras:

1. Causar a ionização da Ionosfera e conseqüentemente um aumento da região eletricamente condutora no lado da Terra que é iluminado pelo Sol.
2. Aquecer a baixa Atmosfera, o que faz com que a região condutora se mova com relação ao campo magnético estacionário.

Esse movimento induz correntes elétricas na Ionosfera, e estas correntes produzem um campo magnético que é observado na superfície da Terra.



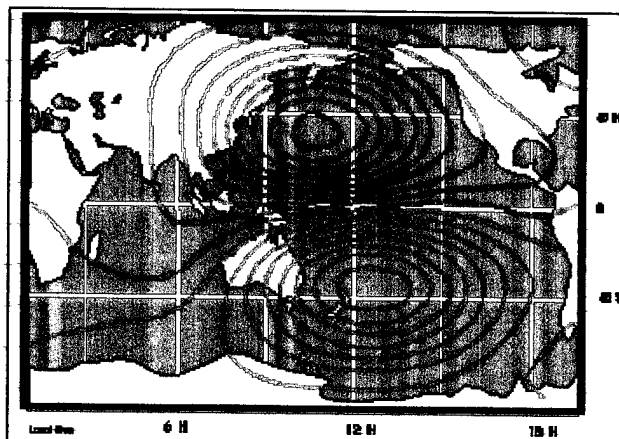


Figura 7 - Sistemas de corrente elétrica correspondendo ao verão no Hemisfério Sul.

A direção das correntes no Hemisfério Sul é oposta a do Hemisfério Norte o que produz um grande aumento das correntes no equador, e que é conhecido como Eletrojato Equatorial.

Na superfície da Terra o sistema de correntes ionosféricas é visto movendo-se de Leste para Oeste, em sincronia com o movimento do Sol. Como o fenômeno repete-se a cada dia, é conhecido como **Varição Diurna** ou **Varição Sq**. A variação Sq é calculada, tendo por base a média dos cinco "dias mais calmos" para o período de um mês.

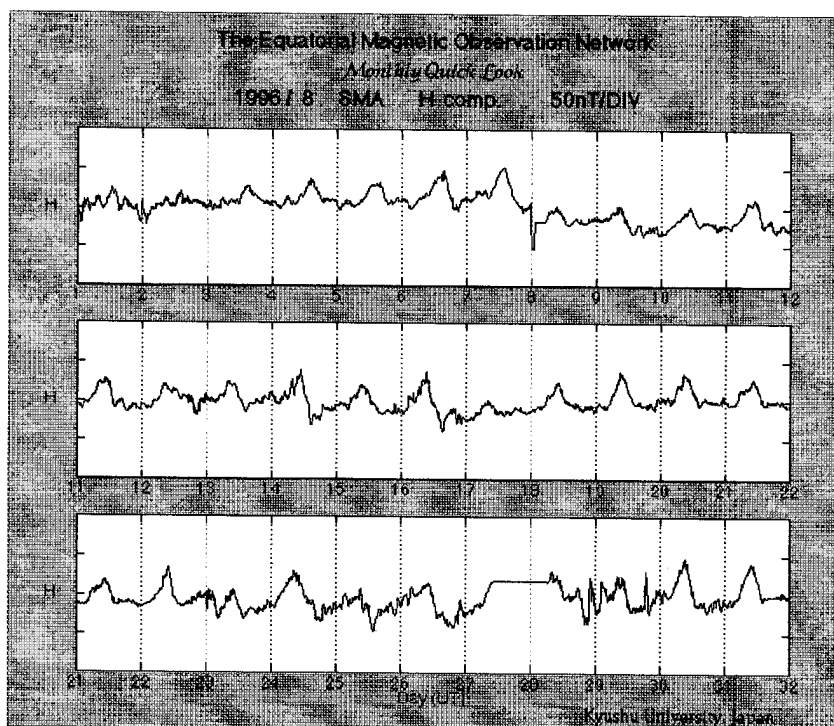


Figura 8 - Caráter repetitivo da variação da componente H do Campo Geomagnético, na Estação Geomagnética de Santa Maria, devido as correntes ionosféricas.



Existem características das variações  $S_q$  que convém ressaltar:

1. Distribuição geográfica regular, variável apenas em latitude;
2. Amplitude variável com a hora do dia, salientando um máximo nas proximidades do meio-dia local;
3. Variação com a estação do ano, sendo maior no Verão que no Inverno;
4. Varia com a atividade solar.



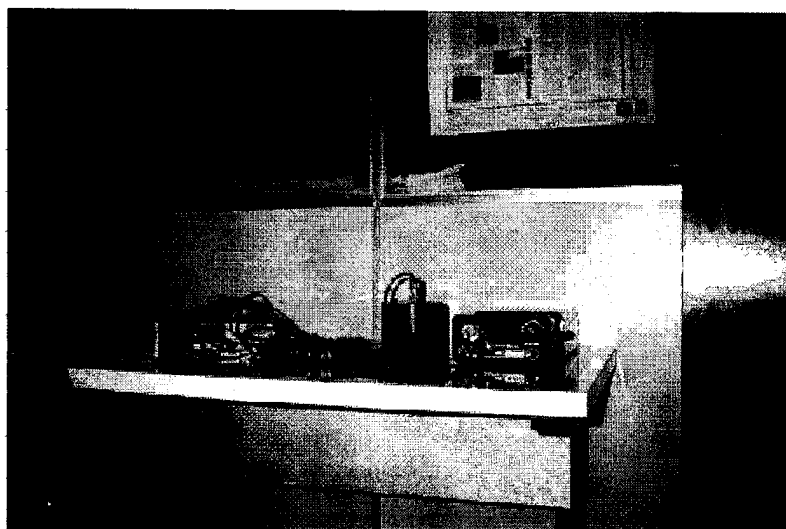


### 3. MÉTODOS E MATERIAIS

Para o estudo da Variação  $S_q$ , foram utilizados os dados obtidos através de um magnetômetro do tipo fluxgate da Universidade de Kyushu – Japão, para o período de 1991 à 1993. Atualmente, o Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE conta com mais quatro magnetômetros: dois do tipo de precessão de prótons<sup>1</sup>, um do tipo fluxgate e um magnetômetro de indução<sup>2</sup>.

#### 3.1. MAGNETÔMETRO DE PRECESSÃO DE PRÓTONS

Para medir a intensidade total do Campo Geomagnético na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul, é utilizado um magnetômetro de próton portátil, Modelo GM-122, que consiste de um sensor toroidal omnidirecional, cabo em espiral e console do magnetômetro. A sensibilidade do magnetômetro é de 1 gamma (1 nT), cobrindo o intervalo de 20000 a 100000 nT. A saída é transmitida via cabo flexível para o console, onde é amostrada num *display* de 5 dígitos com uma taxa de amostragem entre 3-5 s. Um conjunto de 12 baterias alcalinas fornece a alimentação necessária ao instrumento.



**Figura 9 - Sistema do Magnetômetro de prótons portátil que é utilizado para realizar as medidas da intensidade total do Campo Geomagnético.**

<sup>1</sup> Uma unidade não esta em operação no momento.

<sup>2</sup> Não está instalado no momento.





O princípio de operação é o seguinte: 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 comportam-se 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 na forma de um número de 5 dígitos, calculando o Campo Geomagnético através da seguinte relação:

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

### **3.2. MAGNETÔMETRO DE INDUÇÃO DO INPE**

Os magnetômetros de indução consistem de bobinas com dezenas de milhares de espiras enroladas em torno de um núcleo de alta permeabilidade magnética, necessitam de uma bobina para cada componente, que tem resposta plana em um intervalo reduzido de frequências (geralmente de 1 a 100 Hz) e são menos portáteis que os *fluxgate*. Sua principal utilização é em medidas de alta frequência.

O magnetômetro de indução do INPE é do tipo BF4, comercializados pela EMI dos Estados Unidos, utilizados em estudos de ressonâncias de Schumann (períodos inferiores a 0.125s) e de Pc1-Pc2 (períodos de 0.2 a 10s). Consiste num magnetômetro de bobina de indução, controlado por um microcomputador PC. Os dados são armazenados em arquivo de aproximadamente 15 minutos com uma taxa de amostragem de um ponto a cada 0.08849 segundos. As bobinas são alimentadas por baterias recarregadas por painéis solares.



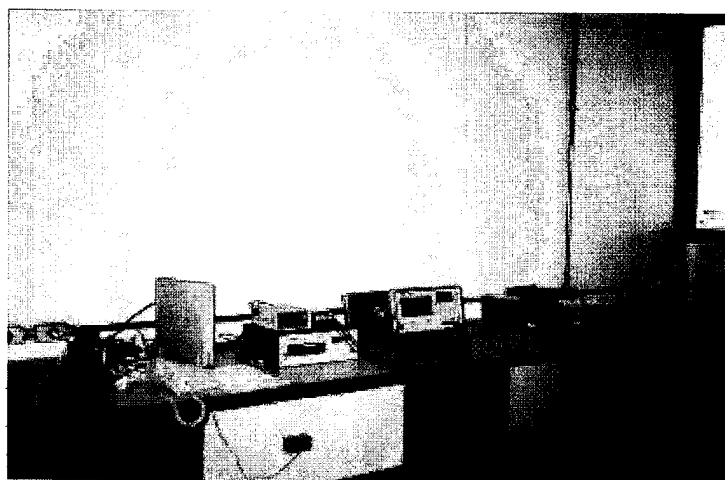


O magnetômetro mede o vetor campo magnético em duas componentes: X (norte-sul) e Y (oeste-leste). Os arquivos de formato binário onde são gravados os dados podem ser convertidos para formato ASCII utilizando-se um programa que acompanha o sistema de aquisição de dados. Estes arquivos são compostos por 3 colunas, UT (tempo universal), X e Y.

### **3.3. MAGNETÔMETRO FLUXGATE DA UNIVERSIDADE DE KYUSHU**

O Sistema de aquisição de dados é controlado por um microprocessador ligado a um magnetômetro do tipo fluxgate, cronômetro, unidade de fita e um receptor de ondas curtas de rádio para sincronização do cronômetro.

O sistema é programado para registrar as componentes H (sul-norte), D (oeste-leste) e Z (vertical para baixo) do campo Geomagnético e o tempo universal (UT) em intervalos de 60 segundos. O sinal é armazenado em uma fita cassete com capacidade para gravar cerca de 30 dias de dados



**Figura 10 - Sistema do magnetômetro fluxgate, instalado no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE.**

Características gerais:

- sensores: tipo núcleo de anel;
- impulso de frequência: 12.5 Hz;
- faixa dinâmica: -12 a 12 nT;







- faixa de operação: 0 a 61400 nT (unipolar)
- largura de banda: 10 Hz
- ruído (0-10 Hz): < 0.005 nT;
- coeficiente de temperatura: <0.1 nT/°C;
- erro de linearidade: < 10<sup>-3</sup>;
- potência de consumo: 4 W (12 V; 170 mA; -12 V; 164 mA);
- peso: 4 kg;
- dimensões: 28 x 50 cm;
- resolução: 5.8 X 10<sup>-3</sup> nT.

Os arquivos geomagnéticos registrados na fita cassete são convertidos em arquivos ASCII, cada um com um dia inteiro de dados com intervalo de amostragem de 60 s, para as componentes H, D, Z e o tempo universal UT.

### **3.4. MANIPULAÇÃO E TRATAMENTO DOS DADOS**

Os dados obtidos pelo magnetômetro fluxgate são armazenados em arquivos no formato binário, contendo cada um 1440 pontos, que correspondem a 24 horas de aquisição. Esses arquivos são convertidos para o formato ASCII, utilizando-se o programa media7.exe.

Após a conversão são selecionados os arquivos correspondentes aos cinco dias mais calmos, sendo verificado a existência ou não de erros em cada arquivo. Caso algum erro seja encontrado, o arquivo correspondente a esse dia será excluído sendo selecionado o próximo dentre os dez dias mais calmos.

Concluído isso, é feito a média mensal e anual da variação Sq, para cada componente, e construído o perfil da variação temporal do tipo Sq para a região de Santa Maria (Anexos B e C).





## 5. RESULTADOS

Dos perfis da variação  $S_q$ , construídos a partir dos dados obtidos pelo equipamento, é feita uma análise do comportamento de cada componente separadamente para cada mês, para que se possa ter uma idéia da variação em H (anexo B), D e Z (anexo C) durante o ano ou entre as estações do ano. A variação diurna média anual (anexo D) é feita utilizando-se os dados de um mesmo período, janeiro de 91, 92 e 93 por exemplo, devido a ausência de alguns dados para os anos de 91,92 e 93.

Devido ao fato da variação da componente H apresentar uma forma mais suave, vamos nos deter mais na análise desta componente. Vemos que ela apresenta amplitude de variação máxima nos meses de Setembro e Outubro para o ano de 1991 e Setembro de 1992, com amplitude atingindo valores próximos a 70 nT. Os valores mínimos para a variação desta componente são obtidos nos meses de Dezembro de 1991 (com amplitude atingindo valores próximos a 30 nT) e junho de 1992 (<12 nT). Ocorre um alargamento considerável do máximo em Dezembro de 1991 e Dezembro de 1992, sendo que amplitude máxima ocorre em torno das 16 horas UT (meio-dia local).

A variação da componente D, devido a sua forma, é um pouco mais difícil de ser analisada. A partir dos dados disponíveis no ano de 1991, vemos que a menor variação desta componente foi obtida no mês de Junho, e a maior variação ocorreu para os meses de Fevereiro, Setembro e Novembro. Para o ano de 1992, a menor variação da componente foi obtida nos meses de Maio e Junho, e a maior variação ocorreu para o mês de Setembro.

Para a componente Z, a menor variação para o ano de 1991 se encontra no mês de Julho e a maior variação no mês de Setembro. No ano de 1992, a menor variação aparece no mês de Junho e a maior variação no mês de Dezembro.

Para a variação diurna média anual, o que se nota é uma redução na amplitude de variação para 1991, 1992 e 1993. Essa redução não foi geral, existindo alguns meses para os quais a amplitude da variação de algumas





componentes aumentou ao invés diminuir (meses de novembro e dezembro), ao contrário do que se esperava.





## 6. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, vemos que existem determinados períodos do ano em que a amplitude da variação sofre um aumento ou uma redução. Por exemplo, para componente H vemos que as menores amplitudes de variação ocorrem nos meses de junho, julho e agosto para o ano de 1991 e abril, maio e junho para o ano de 1992. Este período coincide com o período de fim do outono e início do inverno no hemisfério Sul. A amplitude máxima de variação ocorre nos meses de setembro e outubro, para o ano de 1991, e declaradamente no mês de setembro de 1992. Portanto podemos dizer que a variação da componente H tem uma amplitude maior na primavera e uma amplitude de variação menor no fim do outono e início do inverno, no Hemisfério Sul. Como as variações do tipo Sq estão associadas a correntes ionosféricas, podemos atribuir esse aumento ou redução na amplitude, respectivamente, a um aumento ou redução das correntes ionosféricas que por sua vez está associada a variação da densidades de íons naquela região.

Com relação a variação que ocorre de ano para ano, podemos atribuí-la a variação do número de manchas solares (Anexo E). No caso dos dados analisados, vemos que ocorre uma redução da amplitude de variação de ano para ano, o que esta coerente com o conceito geralmente aceito de atividade solar, que é estimada através do número de manchas solares, com o mínimo mínimo Solar em 1996. Para verificar melhor este comportamento, seria necessário a análise da variação Sq para um período maior.

Com relação ao alargamento do máximo no mês de Dezembro do anos de 1991 e 1992, acredito que esteja relacionado com o aumento do período de insolação, que é característico no verão.

Apesar da inexperiência, foi interessante verificar, através dos perfis obtidos, características das variações Sq que antes eram vistas apenas na literatura. Acredito que com a análise mais detalhada dos perfis será possível distinguir com mais facilidade tais características.





## 7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. **Amarante, J. A. A.** *Tópicos Gerais Sobre Geomagnetismo e Estudos Sobre a Ocorrência de Micropulsões em São José dos Campos*, Relatório Técnico - LAFE - 048, Julho 1967.
2. **Campbell, W. H.** *Introduction to Geomagnetic Fields.*, Cambridge University Press, New York, 1997.
3. **Kirchhoff, V. W. J. H.** *Introdução à Geofísica Espacial*, Ed. Nova Estella.
4. **Parkinson, W.D.** *An analysis of the geomagnetic diurnal variation during the international geophysical year.*, BMR Bulletin vol. 173 , 1977.
5. **Pinto, Jr. O. e Gonzales W. D.** *Anomalia Magnética Brasileira*, Ciência Hoje, vol. 9, nº 52, 1989.
6. **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.



## **ANEXO A**

# Classification Table

Classification of Days															
Month	Quietest Days										Most Disturbed Days				
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	D1	D2	D3	D4	D5
Jan 1990	27	19	7K	28A	6A	14A	18A	17A	15A	13A	24	29	30	23	22*
Feb 1990	12K	9A	8A	10A	13A	3A	6A	11A	21A	26A	16	20	23	17	19
Mar 1990	17	4	16A	10A	31A	7A	9A	3A	8A	5A	21	30	26	25	12
Apr 1990	1	8	6A	7A	19A	5A	4A	16A	2A	21A	10	12	11	14	17
May 1990	16	14	17	6	15	12A	7A	28A	24A	1A	26	27	10	22	18
Jun 1990	20	17	30	16	5	21	4	22	2	3	12	14	13	9	7
Jul 1990	25	24	23	9	1	17	22	7K	31K	2	28	29	20*	19*	10*
Aug 1990	5	9	8	10	28	25	4K	12A	7A	11A	23	26	22	21	30
Sep 1990	2	3	30	29A	27A	4A	8A	28A	9A	10A	11	16	15	1	22
Oct 1990	1	8	28	18	2	17K	27A	7A	25A	23A	10	11	12	15	31
Nov 1990	6	5	14	4	24	13	15	22	23	25	27	16*	28*	17*	18*
Dec 1990	10	19	11	26	22	29	21	28	7	2	4*	24*	13*	5*	30*
Jan 1991	7	6	14	19	22	30	29	21	20	28	24	12*	31*	25*	15*
Feb 1991	18	17	16	3	6	4K	24	20	19A	26A	1	23	28*	9*	11*
Mar 1991	29	11	15	3	14A	16A	18A	4A	31A	2A	24	25	26	27	30
Apr 1991	20	11	13	16	8	15	14	21	10A	23A	29	4	3	30	28
May 1991	11	18	20	12	19	6	5	7	21A	15A	31	2	25	14	17
Jun 1991	16	29	14A	28A	27A	15A	20A	3A	22A	30A	5	13	10	11	1
Jul 1991	5	26	31	28K	29	24	7A	27A	6A	30A	13	9	14	8	17
Aug 1991	10A	13A	26A	25A	24A	8A	23A	29A	9A	7A	19	20	12	2	31
Sep 1991	23	21	17	18K	24A	16A	22A	20A	12A	15A	25	1	9	27	28
Oct 1991	16	15	12	17K	13A	14A	18A	19A	11A	9A	29	28	31	2	1
Nov 1991	27A	26A	28A	25A	12A	7A	13A	30A	24A	29A	9	1	8	21	19
Dec 1991	6	7	22K	15A	25A	8A	26A	5A	31A	9A	17	27	29	21	28
Jan 1992	24	23	25	19	9A	18A	26A	21A	7A	22A	13	11	16	12	30
Feb 1992	16	15	5A	11A	6A	28A	14A	13A	12A	19A	3	9	20	21	27
Mar 1992	19	14	20	13K	6A	15A	28A	7A	3A	27A	23	9	17	24	21
Apr 1992	11	12	17	16	10	27	9	14	2K	13	3	6	8	7*	20*
May 1992	17	16	14	15	6	5	26A	31A	21A	20A	10	11	22	9	8
Jun 1992	4	16	6	2	17	3K	5	14	20A	1A	8	29	12	30	11
Jul 1992	11	7	26	19	9	29	4	18	8	6	22	13	1*	28*	23*
Aug 1992	3	17	31	2	25	28	30K	18	12	10A	23	22	5	20	7
Sep 1992	1	27	24	13	12	21A	14A	26A	20A	23A	17	10	9	29	3
Oct 1992	24	23	5	3	21	25A	4A	8A	7A	22A	12	15	27	1	29
Nov 1992	20	29	27	28	18A	19A	21A	17A	26A	16A	9	23	4	2	15*
Dec 1992	26	25	6K	16K	5A	22A	12A	27A	23A	13A	29	28	8	17	9*
Jan 1993	23	29	22A	28A	21A	24A	1A	27A	16A	18A	31	3	4	2	10
Feb 1993	15	26	27K	6	16	5	25	14K	24	19A	8	1	17	22	9
Mar 1993	5A	26A	6A	31A	19A	27A	23A	25A	10A	29A	9	24	11	15	16
Apr 1993	27	3	2	28	26	11A	1A	19A	24A	25A	5	4	21	13	15
May 1993	25	23	21	24	22	26	30	11	4	31	9	10	8	28	17*
Jun 1993	21	16	18	28	1	17	20	19	22	15	4	5	24	7	10
Jul 1993	14	17	16	26	24	18	6	5	25	15	2	3	1	11	29*
Aug 1993	14	1	2	23	25	11	30	13	21	24	16	27	4	17	18*

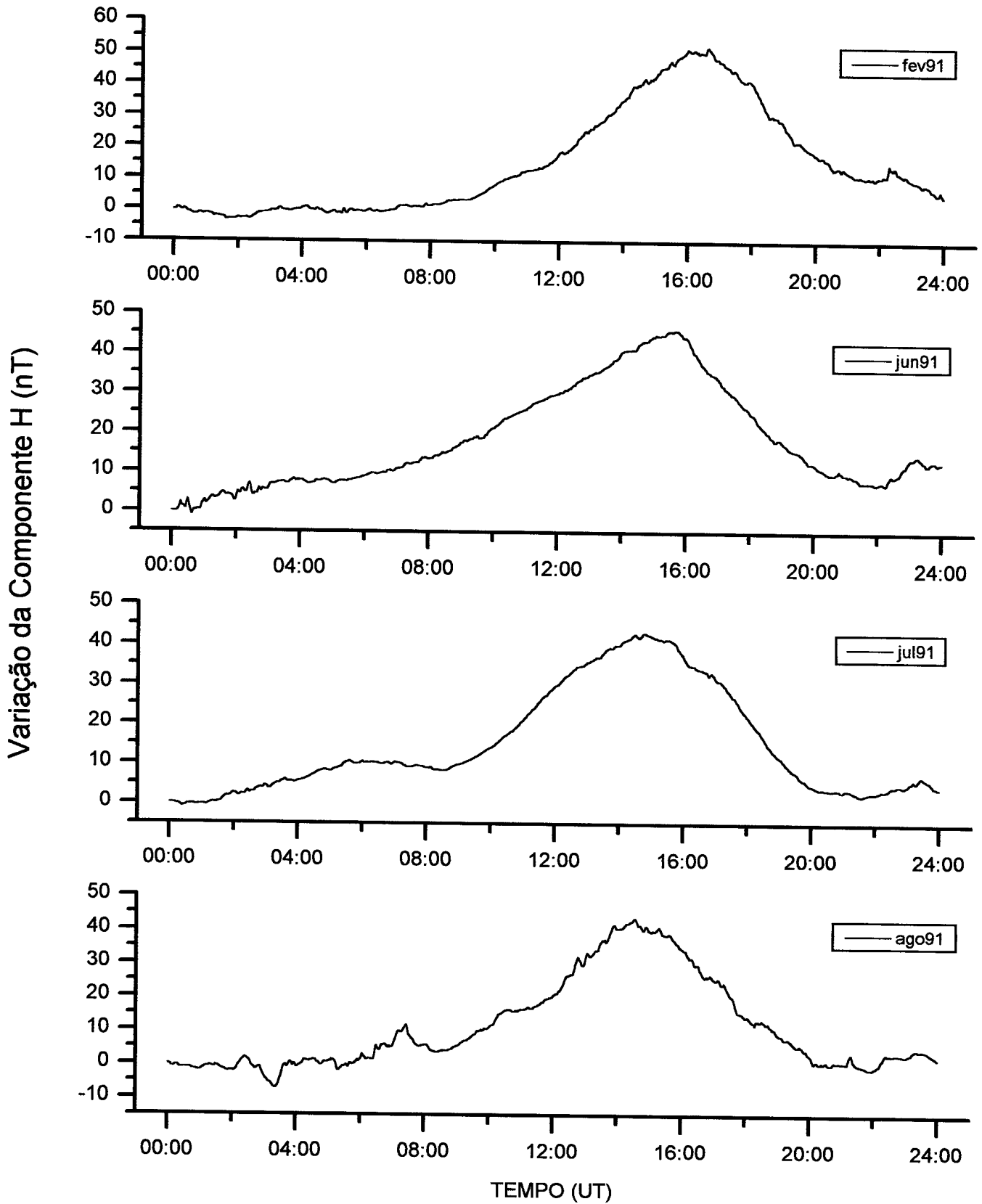
Sep 1993	1	18	10	19	17	9	2	16	22	11	13	3	14	4	29
Oct 1993	15	7	30	20	16	3	5	21	4K	2A	9	27	25	10	11
Nov 1993	12	30	2	28	24	22	11K	17K	25	27A	4	5	19	18	6
Dec 1993	9	29	28	13	14	30	12	6	27A	11A	2	8	3	1	16
Jan 1994	10	9	24	5	7	25	4K	8	23A	21A	12	17	13	14	1
Feb 1994	24	1	18A	26A	27A	28A	17A	3A	23A	2A	21	8	6	7	22
Mar 1994	4	29	31	26A	5A	27A	6A	1A	28A	20A	9	7	8	10	15
Apr 1994	30	28	27	26	29	1	22A	24A	20A	25A	3	17	4	9	2
May 1994	27	21	20	22	13A	23A	26A	19A	12A	17A	2	30	3	5	29
Jun 1994	23	24	25	16	15	22	17A	9A	8A	21A	29	26	2	12	3
Jul 1994	12	10	13	26	8	11	20	5	22	9K	16	14	2	1	15
Aug 1994	8	4	2	30	7	6	3	9	5	29	13	14	12*	15*	11*
Sep 1994	30	4	23	2K	20	22K	3	18	19K	24K	7	9	8	26	27*
Oct 1994	21	1	27	28	17	18	16	19A	26A	20A	3	30	23	29	7
Nov 1994	25	23	24	12	8	16	22	18	13	17K	6	26	27	20	4
Dec 1994	31	22	21	4K	18	19K	30A	5A	14A	17A	24	6	2	15	25*
Jan 1995	28	26	15	27	24	14	1	19	25	12	30	17	3	18	29
Feb 1995	25	22	24	10	9	23	21	5	20	17	13	28	12	14	11
Mar 1995	21	22	7	8	19	18	20	6K	24	25	12	13	1	26	11
Apr 1995	3	21	4	15	16	30	14	17K	6K	19	7	8	27	9	10
May 1995	1	21	15	10	27	14	22	11	28	29A	3	2	5	16	30
Jun 1995	13	12	8	24	9	17	11	15	14	27	19	30	1	3	20
Jul 1995	10	11	6	5	12	7	21	8	13	2	16	24	17	1*	18*
Aug 1995	31	21	6	1	30	28	4	20	2	5	14	8	9	25*	10*
Sep 1995	29	18	22	1	2	19	3	26	30	25	8	27	5	11	6
Oct 1995	28	29	1	26	25	15	27	14	16A	17A	4	20	8	7	18
Nov 1995	24	25	21	9	15	26	14	16K	13	23	1	6	27	2	5*
Dec 1995	8	13	30	18	29	7	11	28	20	6	24	22	16	1*	4*
Jan 1996	9	8	10	11	7	23	4	1	25	6K	13	14	29*	15*	20*
Feb 1996	6	3	21	4	5K	1A	7A	19A	9A	8A	11	24	25*	26*	23*
Mar 1996	7	2	6	1	30	31	15	29	5	3	21	11	20	13	24
Apr 1996	7	6	26	28	29	2	25	30	8K	24	17	14	19	12	18
May 1996	18	28	7	23	6	12	11	9	10	2	13*	14*	20*	4*	16*
Jun 1996	13	14	25	22	1	3	9	12	26	2	6*	19*	29*	17*	18*
Jul 1996	10	9	27	11	24	29	19	6	23	16	31*	8*	28*	3*	5*
Aug 1996	8	10	19	12	11	18	22	21	7	4	29	25*	30*	27*	28*
Sep 1996	3	30	2	6	1	5	8K	29A	7A	9A	20	10	21	26	12
Oct 1996	6	5	7	26	27	15	1	17K	4	25K	19	22	23	18	9
Nov 1996	30	2	3	1	23	8	11	7	16	22	14	13*	15*	18*	17*
Dec 1996	19	6	20	5	1	8	28	26	27	24	10	11*	15*	16*	4*
Jan 1997	16	6	17	4	3	5	23	24	15	14	10	28	26*	11*	27*
Feb 1997	19	20	4	13	7	15	1	14	25K	5K	28	27	10	11	9
Mar 1997	9	10	20	19	23	4	11	21	31	14	29	28	26*	1*	12*
Apr 1997	28	15	26	27	29	20	8	14	9	25	11	17	21	22*	18*
May 1997	12	13	23	29	19	22	9	7	21	8	15	1	27	2*	16*
Jun 1997	21	14	13	18	5	11	24	17	20	30	9	27*	8*	7*	3*
Jul 1997	14	12	13	29	1	8	26	5	11	6	31*	7*	15*	24*	9*
Aug 1997	26	6	5	19	23	27	31	25	2	8	3	28*	14*	29*	13*
Sep 1997	25	19	7	26	2	1	24	23	5	20	3	10*	18	9*	4*
Oct 1997	5	19	15	21	16	6	14	18	4	22	1	10	25	24	27*
Nov 1997	29	27	28	21	2	20	25	12	26	19	23	22	7	6*	14*
Dec 1997	27	8	28	13	9	25	26	22	14	29	30	10*	11*	18*	5*
Jan 1998	15	28	26	4	23	14	3	5	19	13	7	30*	6*	20*	31*



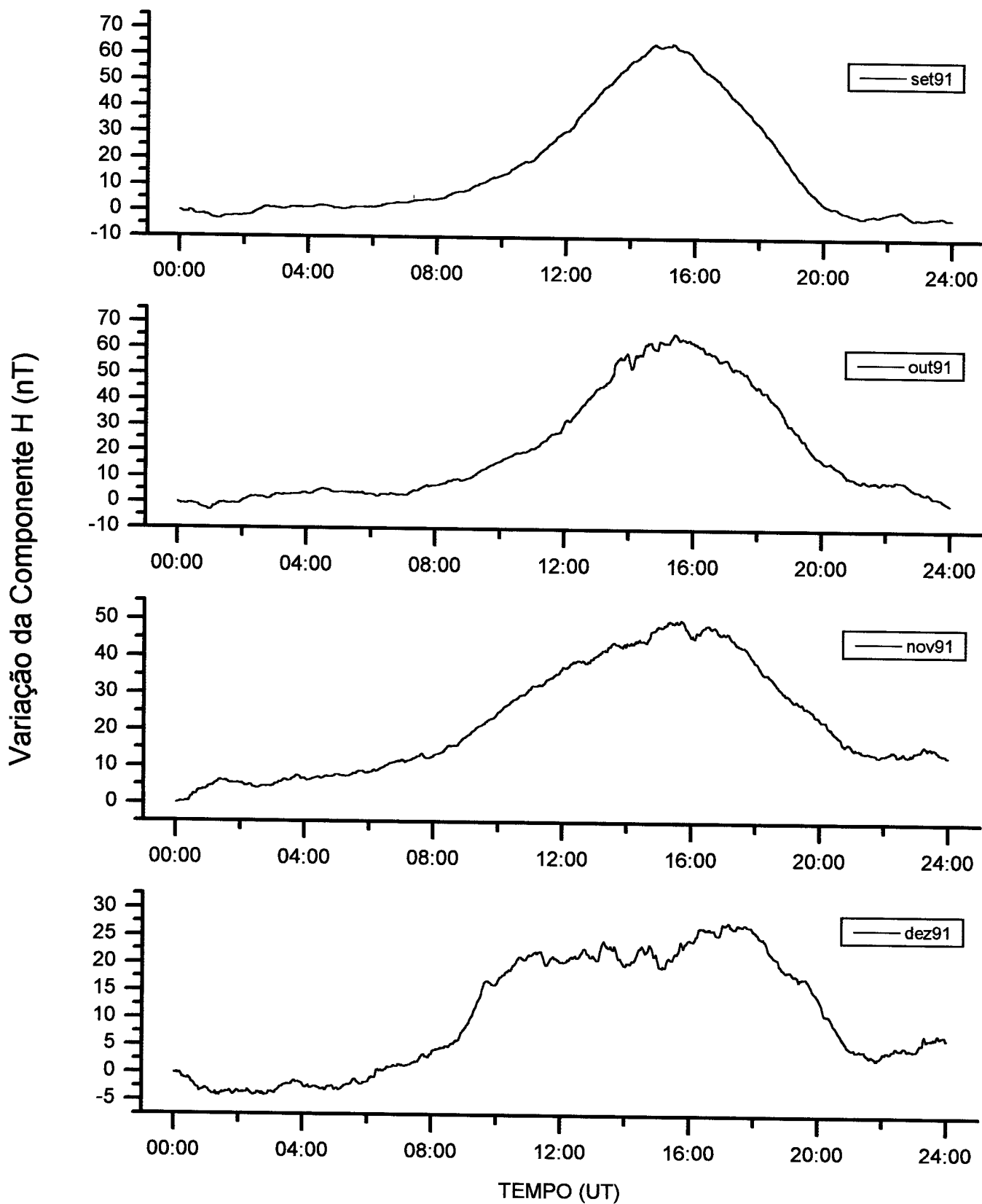
Feb 1998	26	6	16	7	24	2	25	5	3	15	18	11*	17*	28*	9*
Mar 1998	8	9	19	7	18	3K	23K	24A	6A	17A	10	21	11	29	15
Apr 1998	1	5	15	2	29	6	13	19	3	18K	24	26	25	10*	17*
May 1998	14	31	13	28K	6	19	27	15A	22A	26A	4	3	2	5	29
Jun 1998	17	28	30	29	1	27	13	18K	11K	12	26	24*	7*	6*	10*
Jul 1998	14	8	27	20	15	19	26	13	10	7	23	16	31	24	6*
Aug 1998	17	9	16	18	15	3	21K	13	2	5	27	6	26	7	28
Sep 1998	14	16	28	4	20	5	15	6	10K	7K	25	24	18	1*	26*
Oct 1998	16	5	14	4	6	26	15	13	12K	31K	19	2	7	1	21
Nov 1998	11	12	1	2	4	17K	22	21	3	10K	9	8	13	14	7
Dec 1998	17	18	27	13	21	31	24	8	2	22	11	29	26*	5*	25*
Jan 1999	31	19	30	3	26	12	18K	11	17	21K	13	14	23	15	8*

## **ANEXO B**

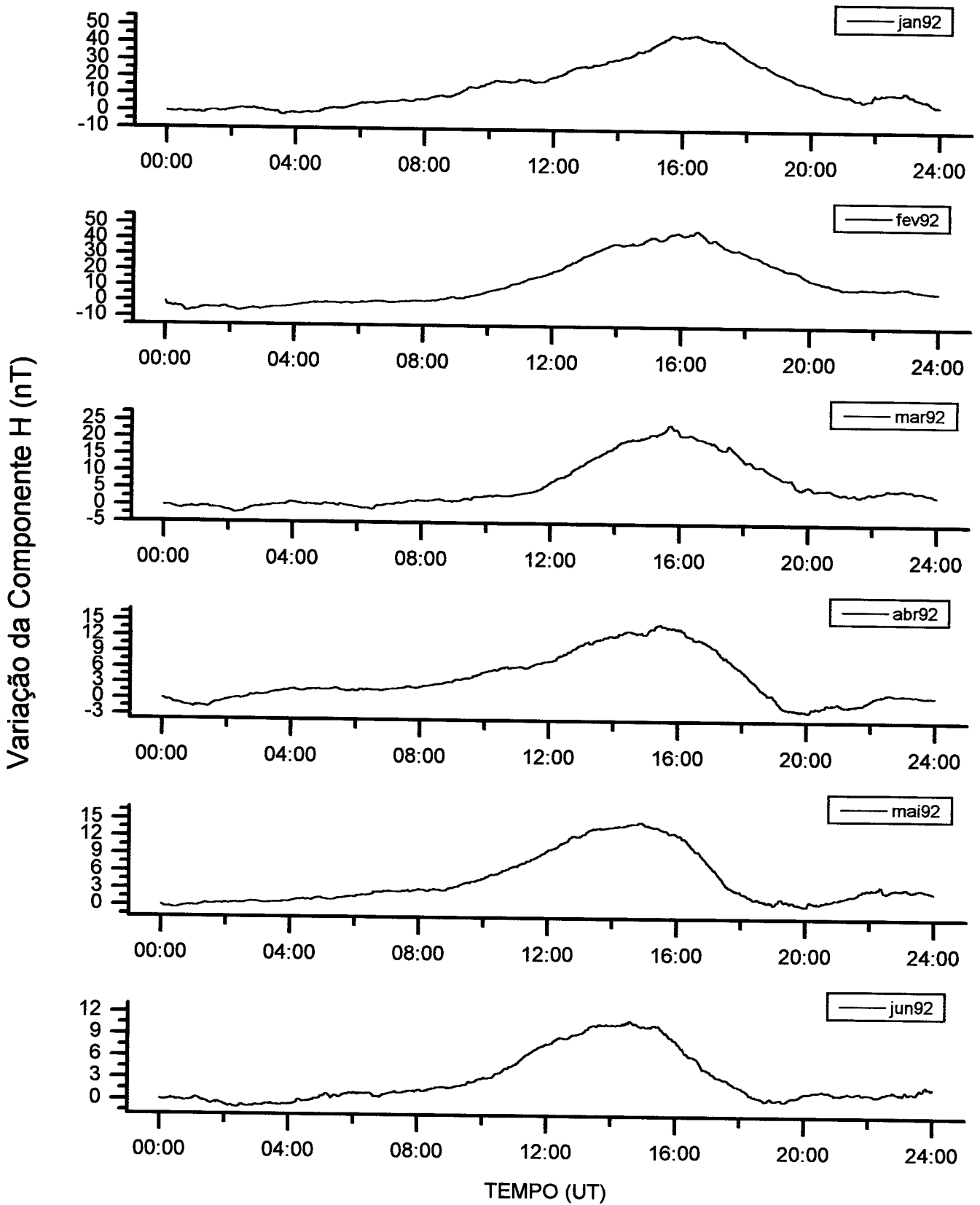
# Variação Diurna da Componente H do Campo Geomagnético na Estação Geomagnética de Santa Maria para os meses do ano de 1991



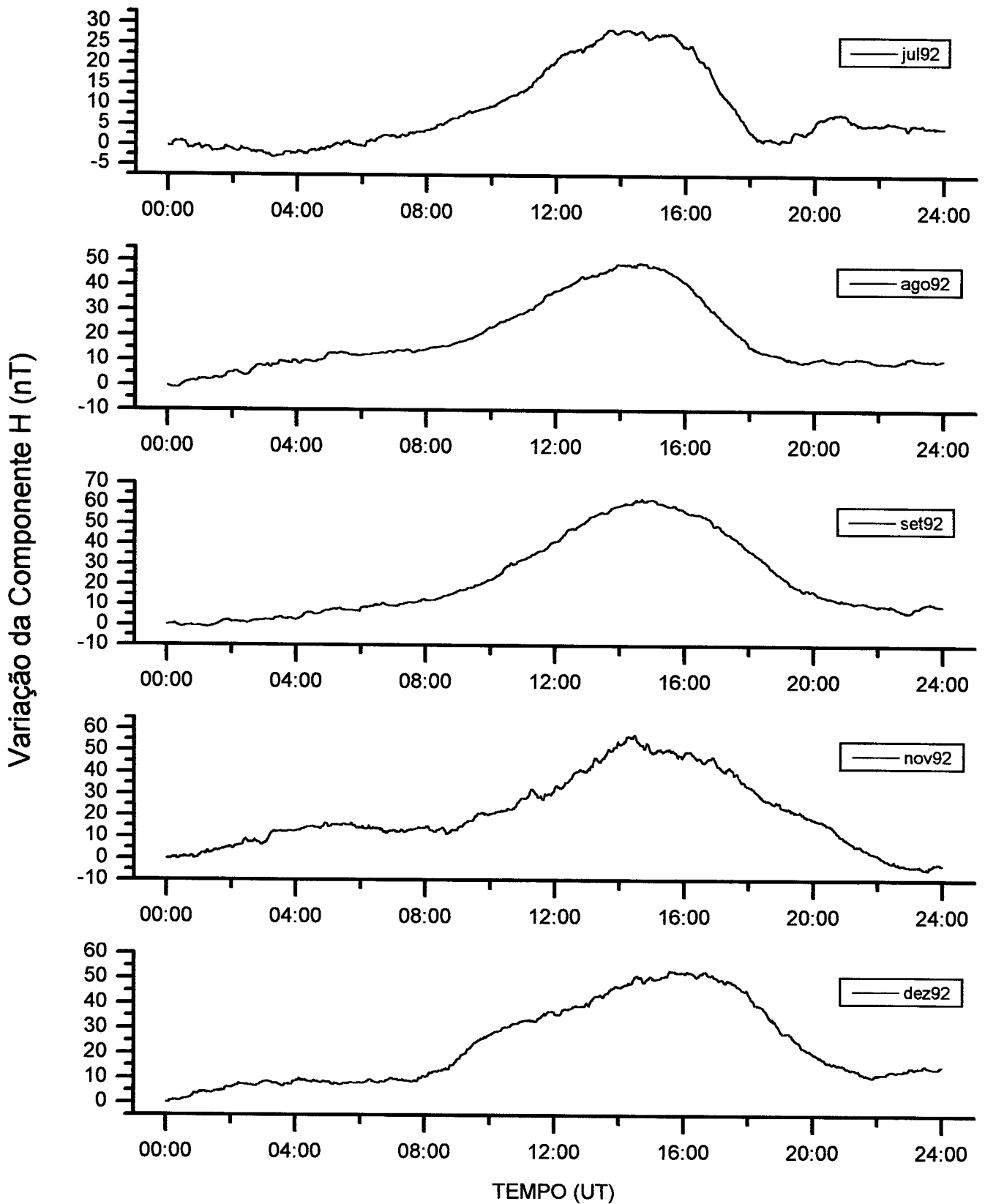
# Varição Diurna da Componente H do Campo Geomagnético na Estação Geomagnética de Santa Maria para os meses do ano de 1991



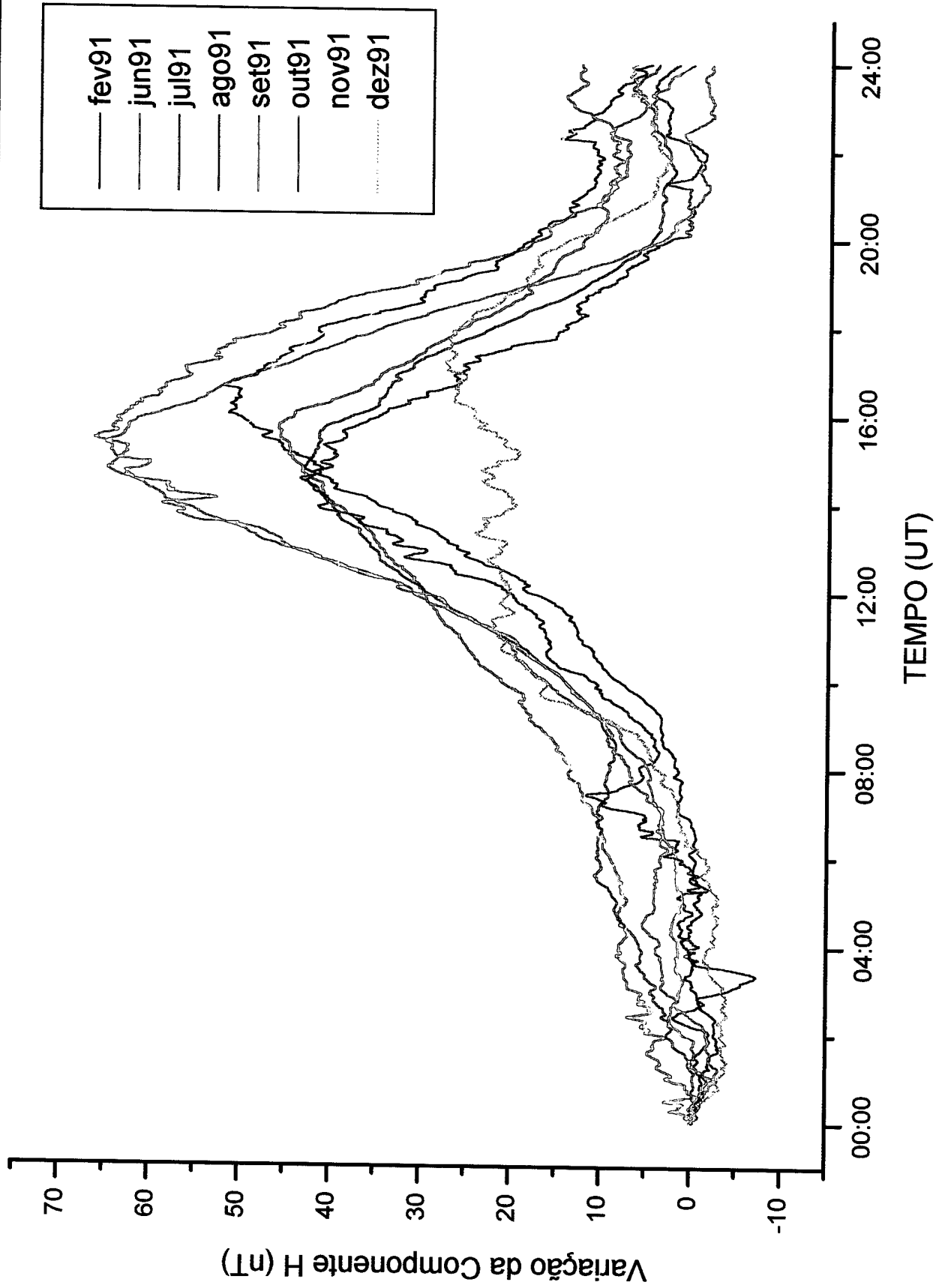
# Variação Diurna da Componente H do Campo Geomagnético na Estação Geomagnética de Santa Maria para os meses do ano de 1992



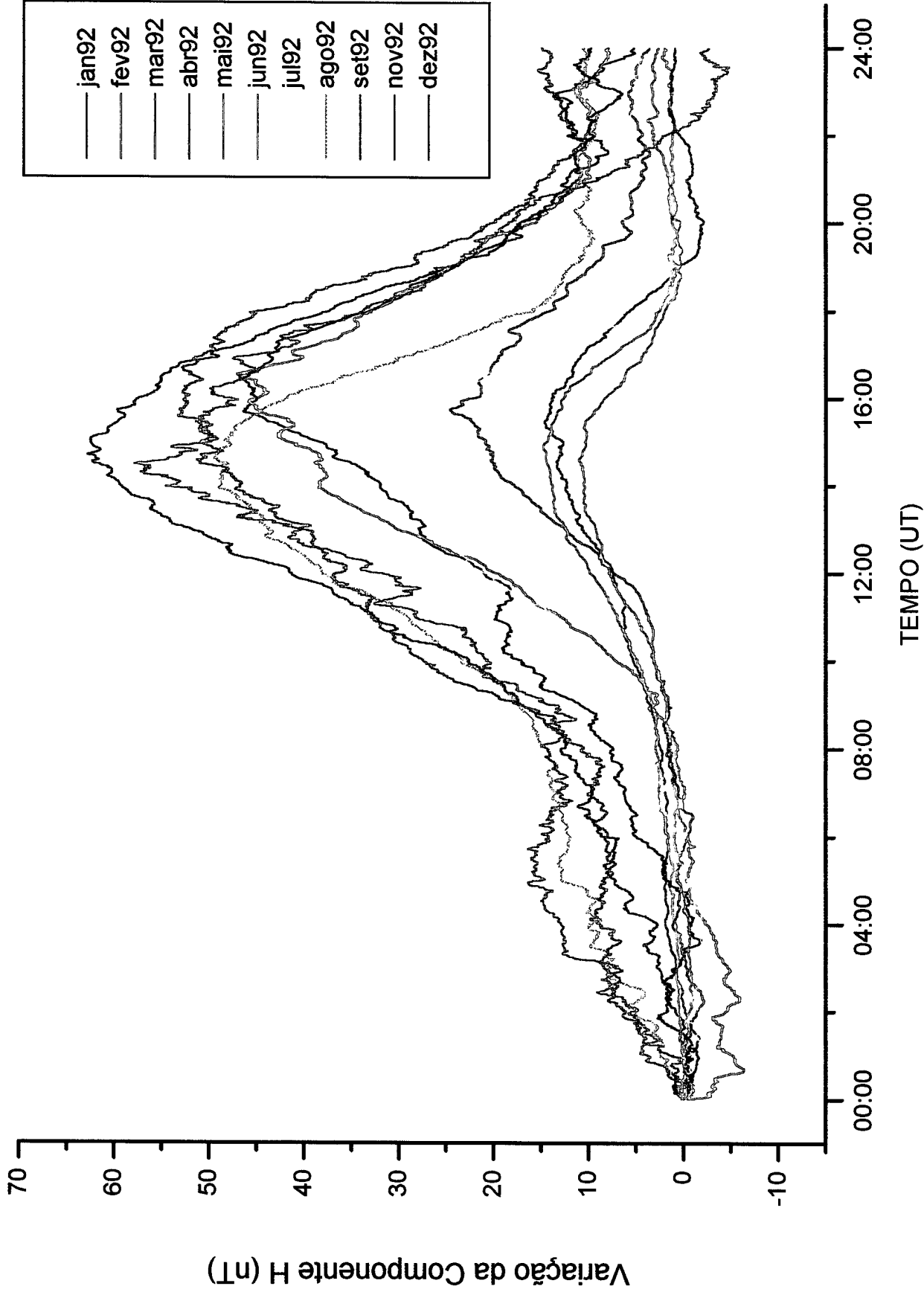
# Varição Diurna da Componente H do Campo Geomagnético na Estação Geomagnética de Santa Maria para os meses do ano de 1992



Superposição das Curvas da Variação Diurna da Componente H do Campo Geomagnético  
na Estação Geomagnética de Santa Maria, para os Meses do Ano de 1991



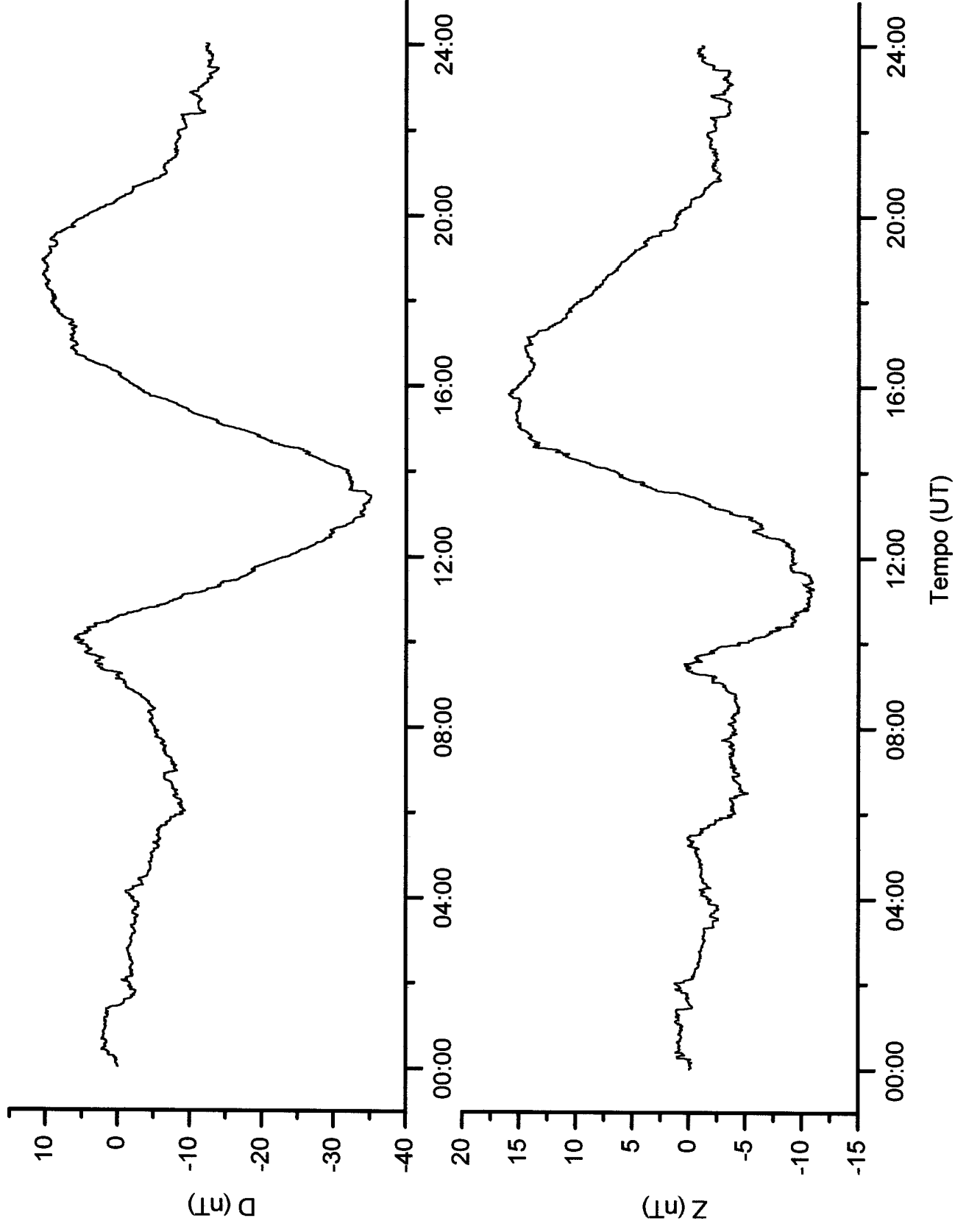
Superposição das Curvas da Variação Diurna do Componente H do Campo Geomagnético na Estação Geomagnética de Santa Maria, para os Meses do Ano de 1992



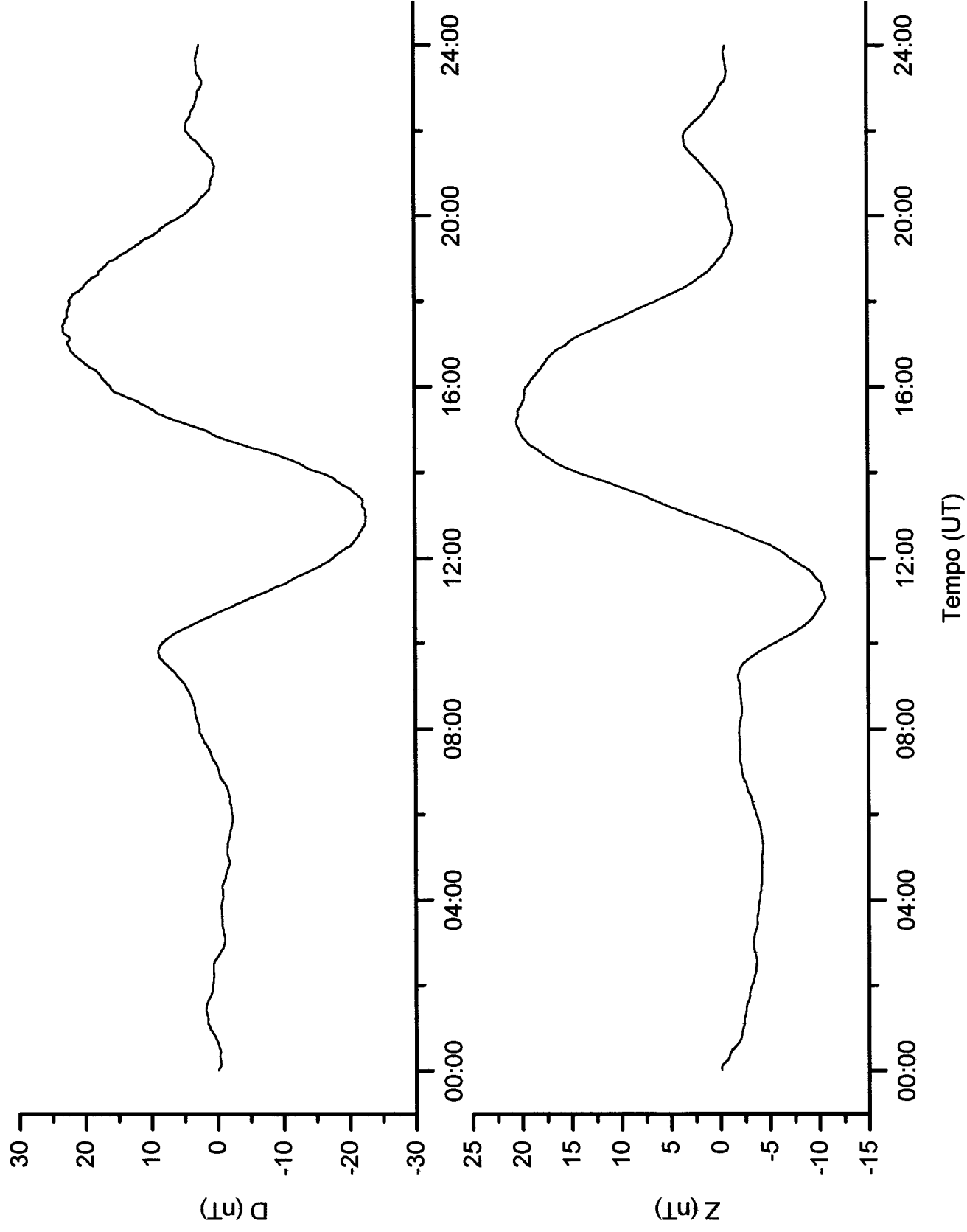


## **ANEXO C**

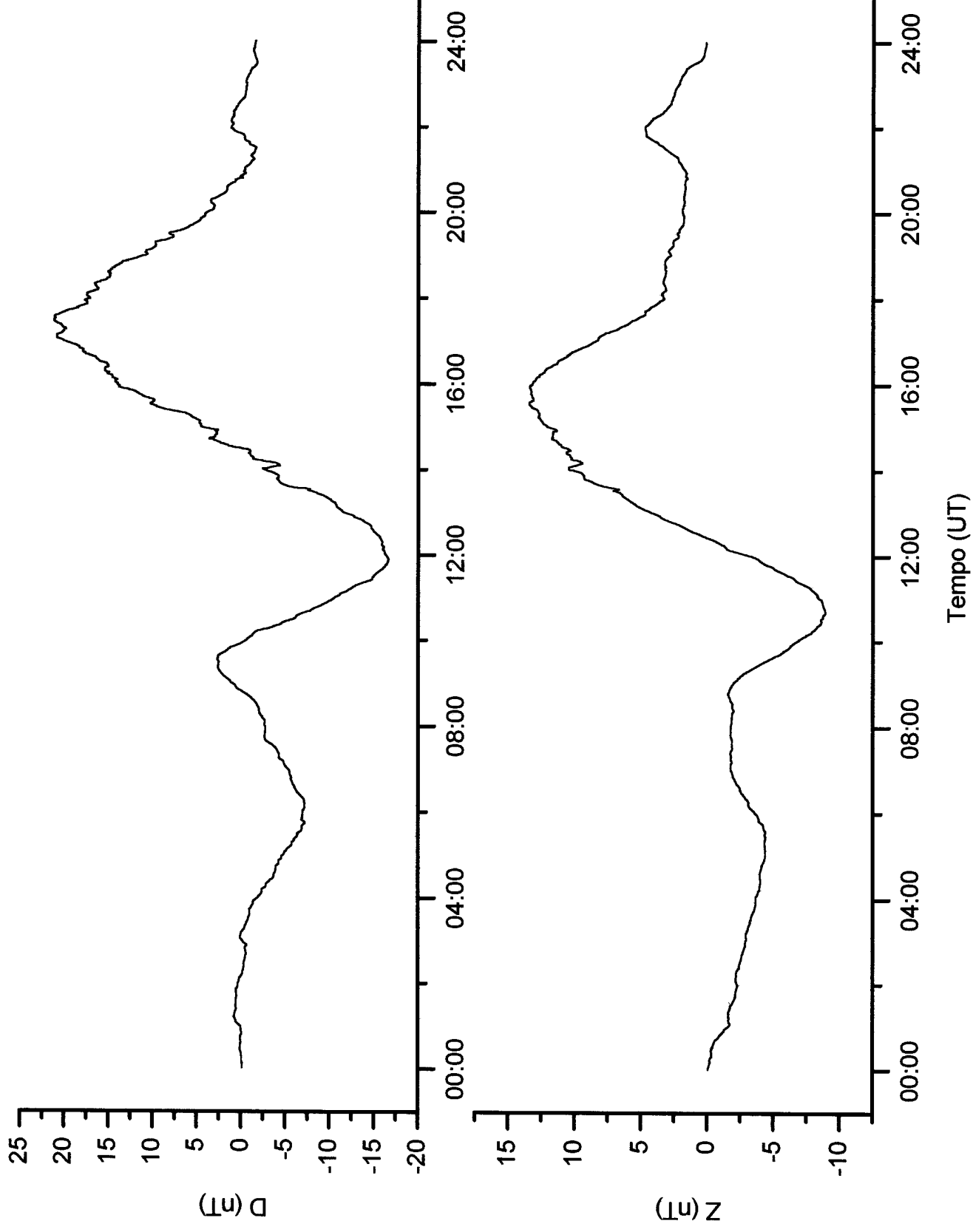
**Média Mensal da Variação Diurna das Componentes do Campo Geomagnético  
na Estação Geomagnética de Santa Maria para o Mês de Setembro de 1992.**



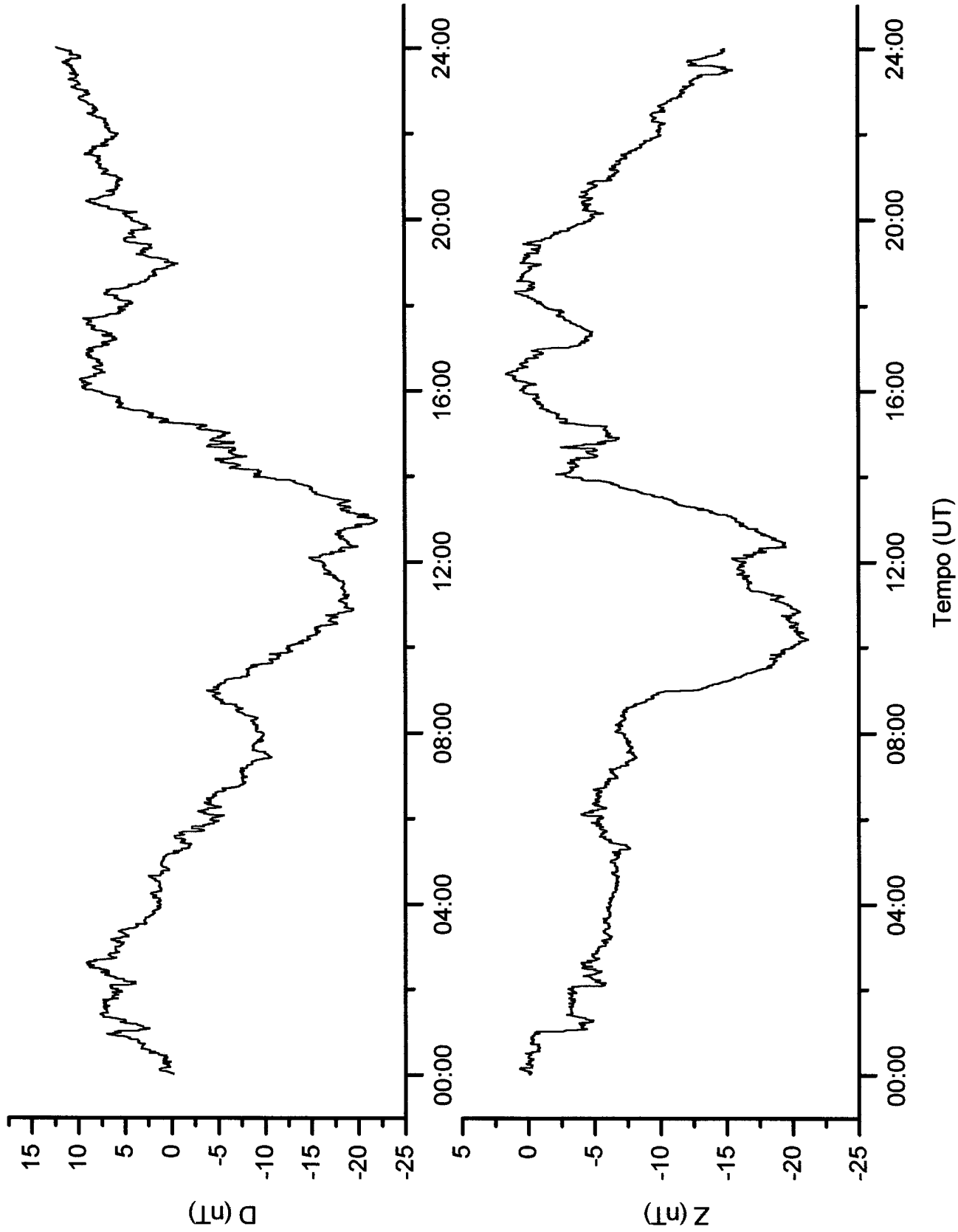
Média Mensal da Variação Diurna das Componentes do Campo Geomagnético na Estação Geomagnética de Santa Maria para o Mês de Setembro de 1991.



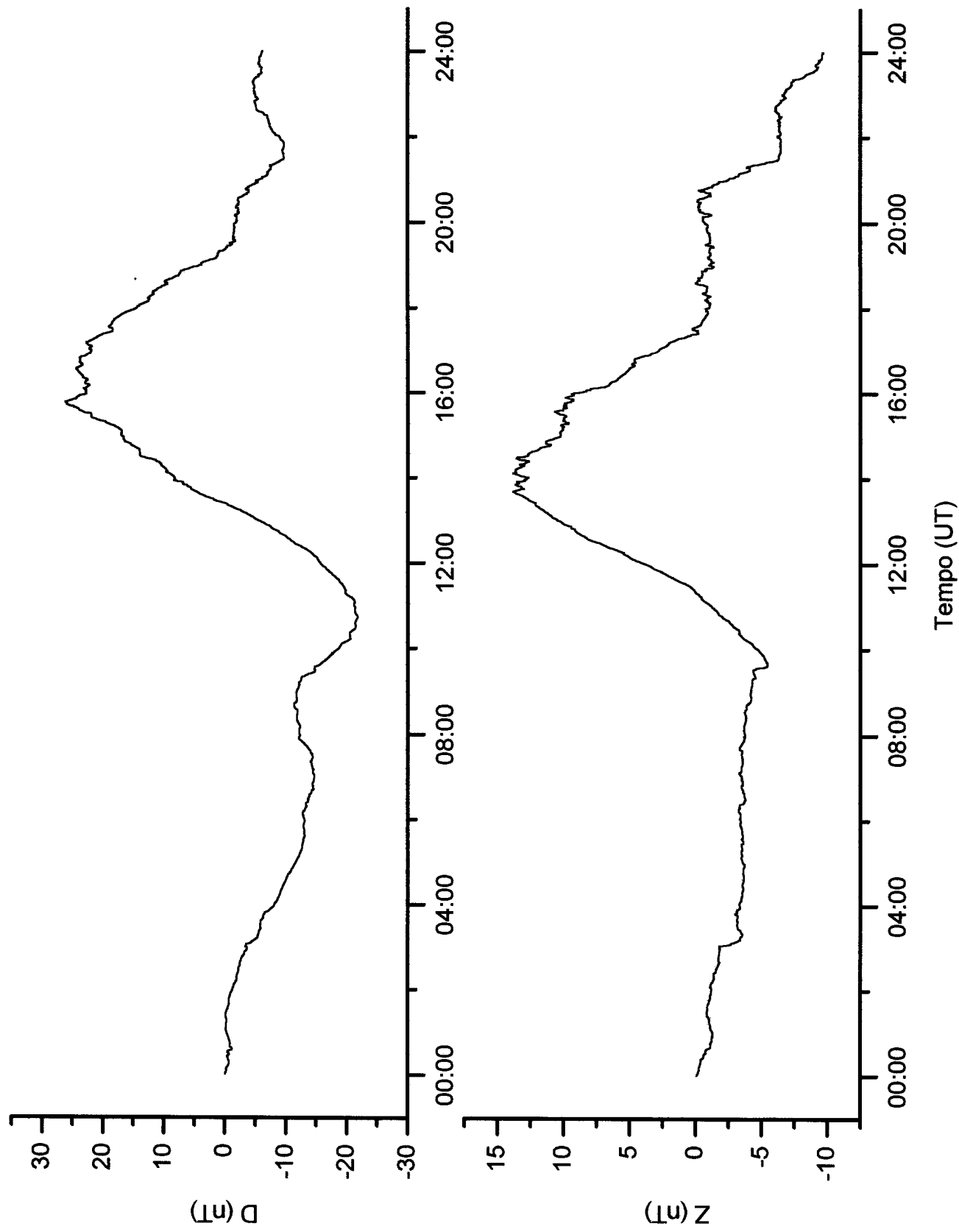
Media Mensal da Variação Diurna das Componentes do Campo Geomagnético  
na Estação Geomagnética de Santa Maria para o Mês de Outubro de 1991.



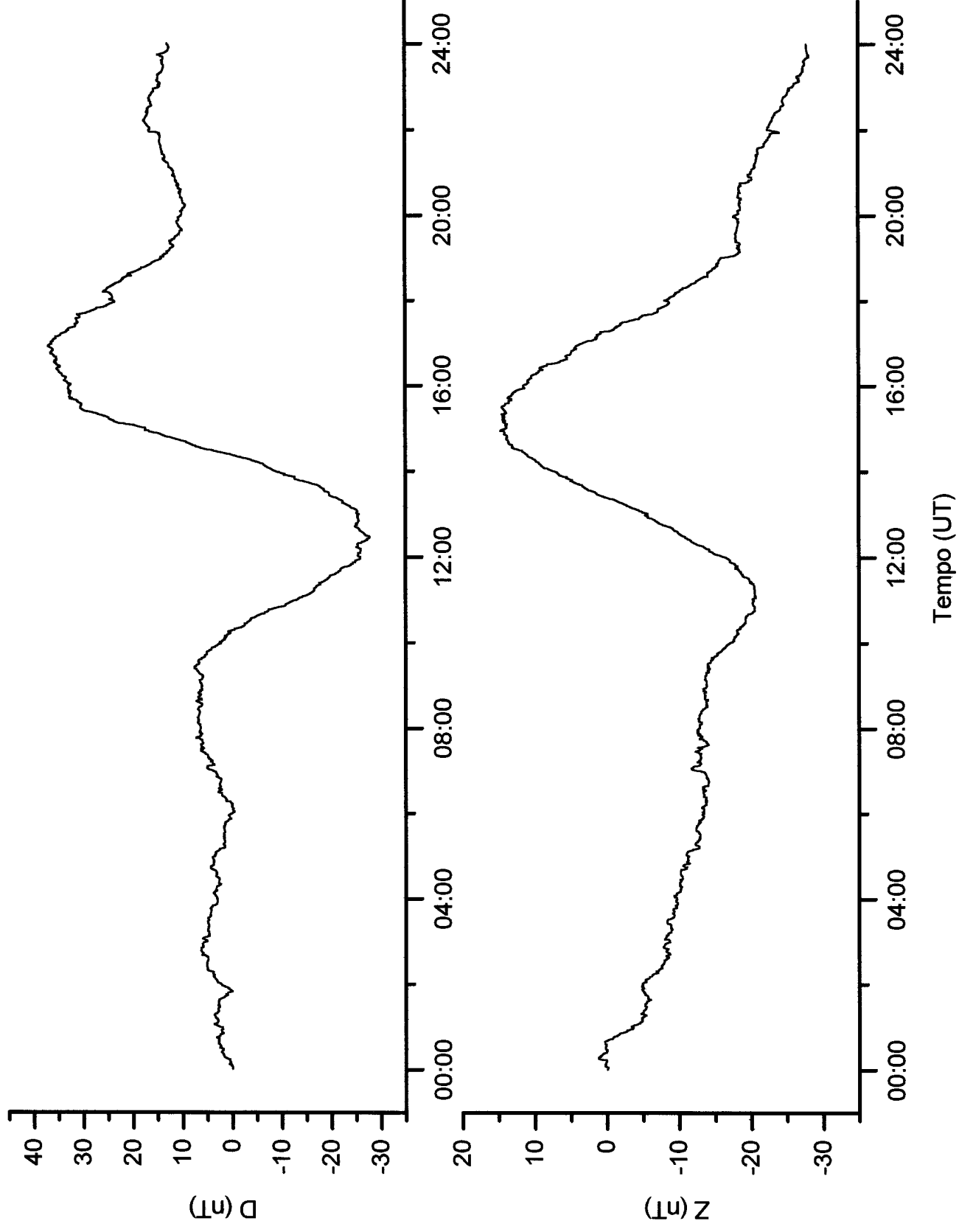
Média Mensal da Variação Diurna das Componentes do Campo Geomagnético na Estação Geomagnética de Santa Maria para o Mês de Novembro de 1992



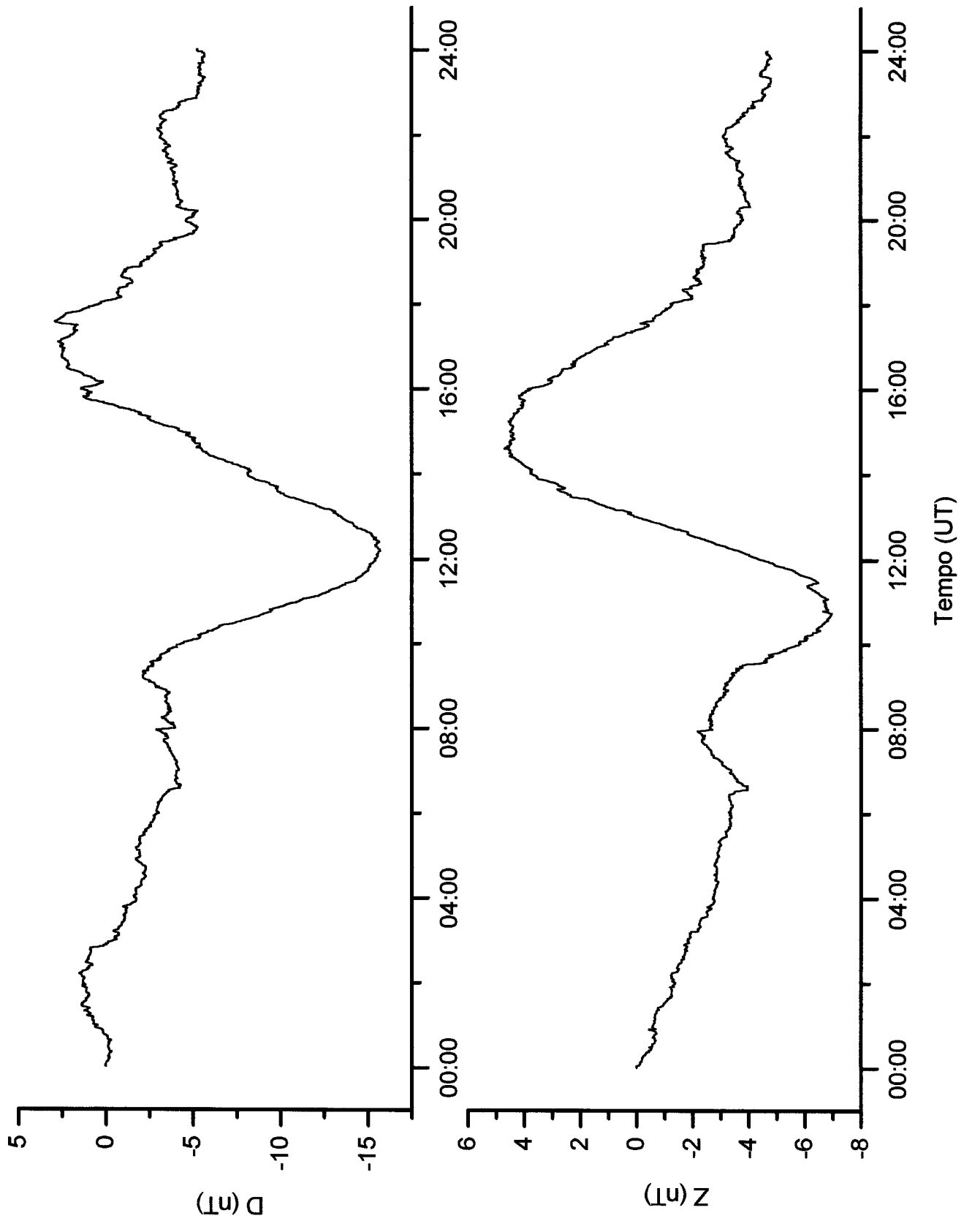
Média Mensal da Variação Diurna das Componentes do Campo Geomagnético na Estação Geomagnética de Santa Maria para o Mês de Novembro de 1991.



Média Mensal da Variação Diurna das Componentes do Campo Geomagnético  
na Estação Geomagnética de Santa Maria para o Mês de março de 1993

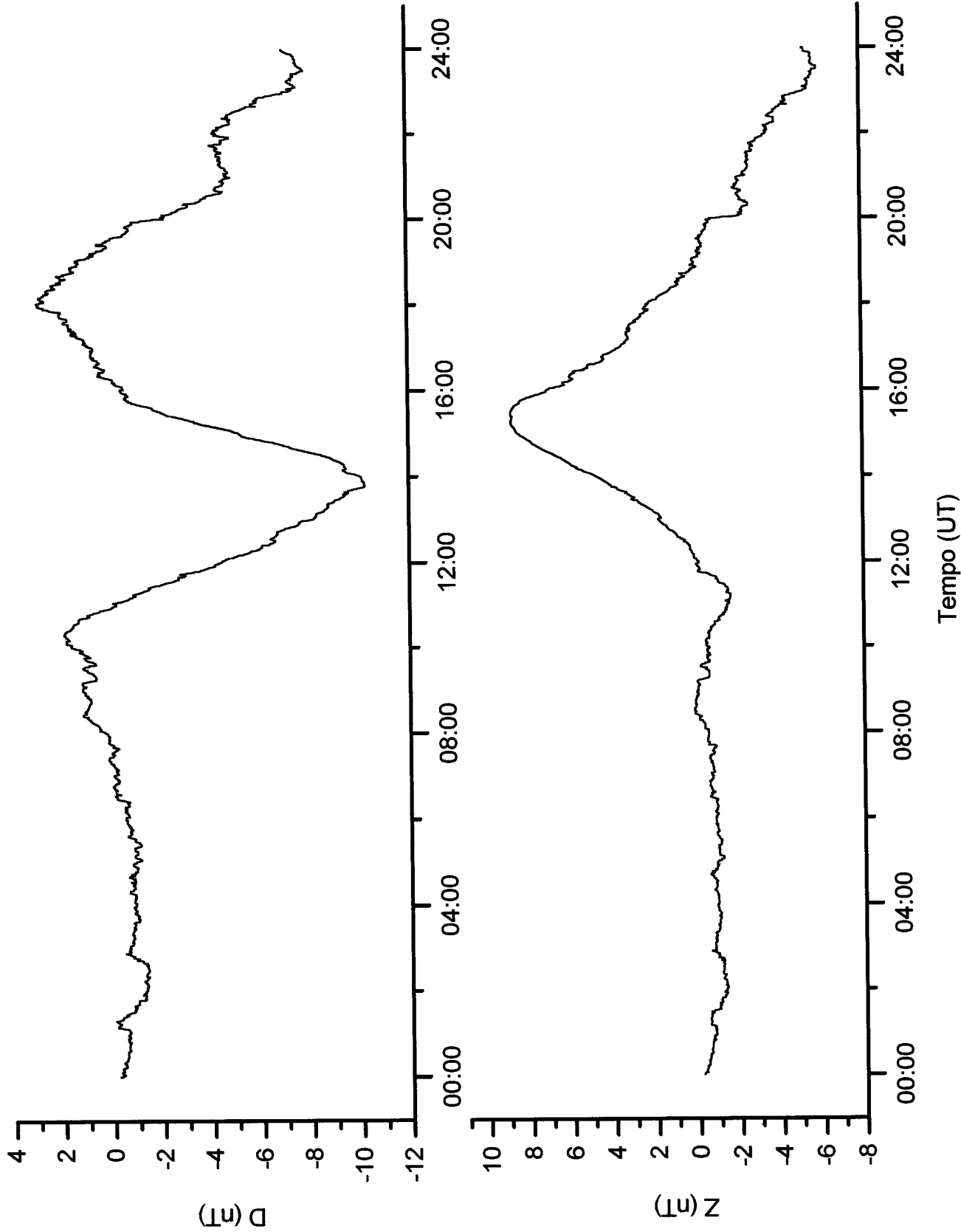


Média Mensal da Variação Diurna das Componentes do Campo Geomagnético na Estação Geomagnética de Santa Maria para o Mês de março de 1992

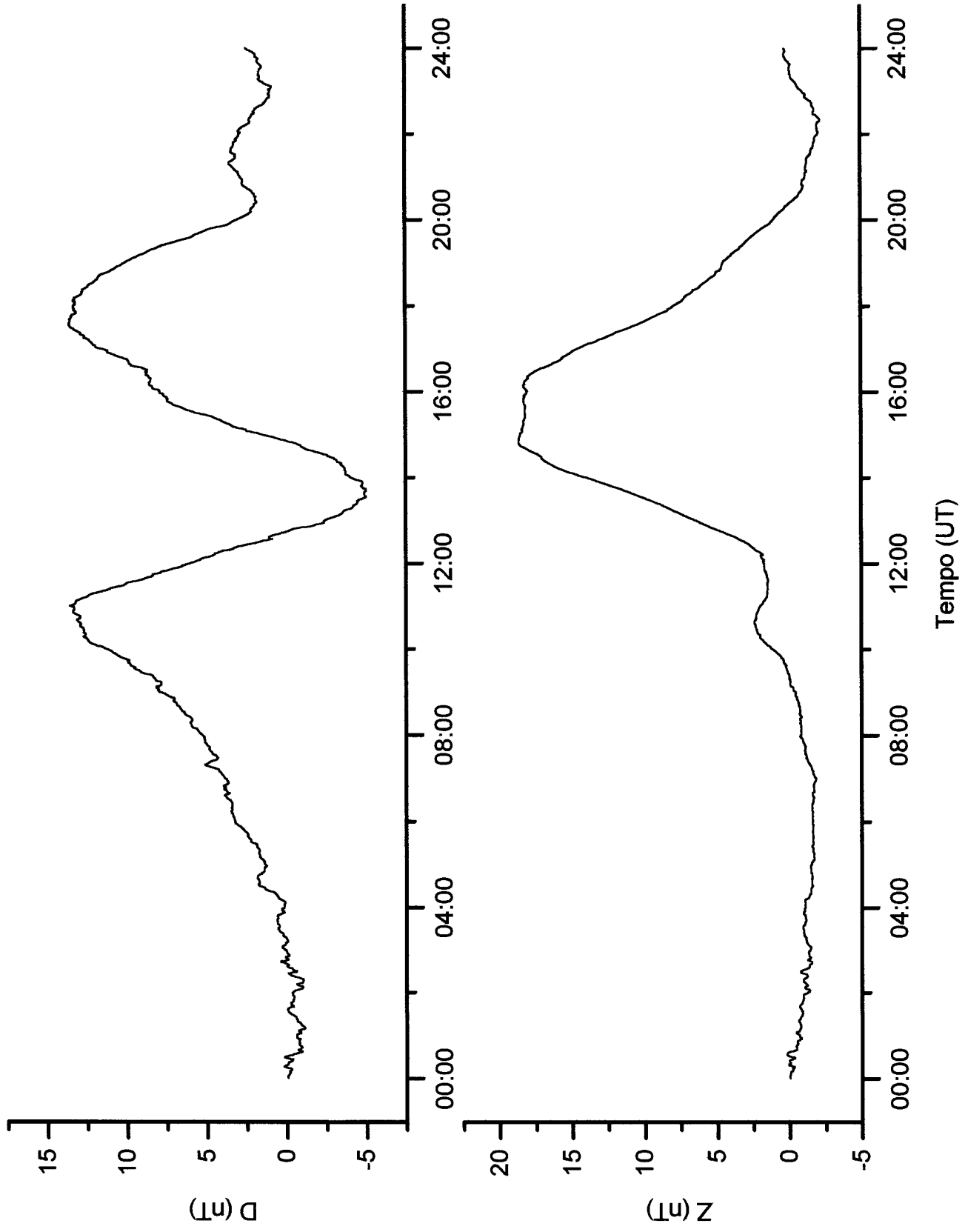




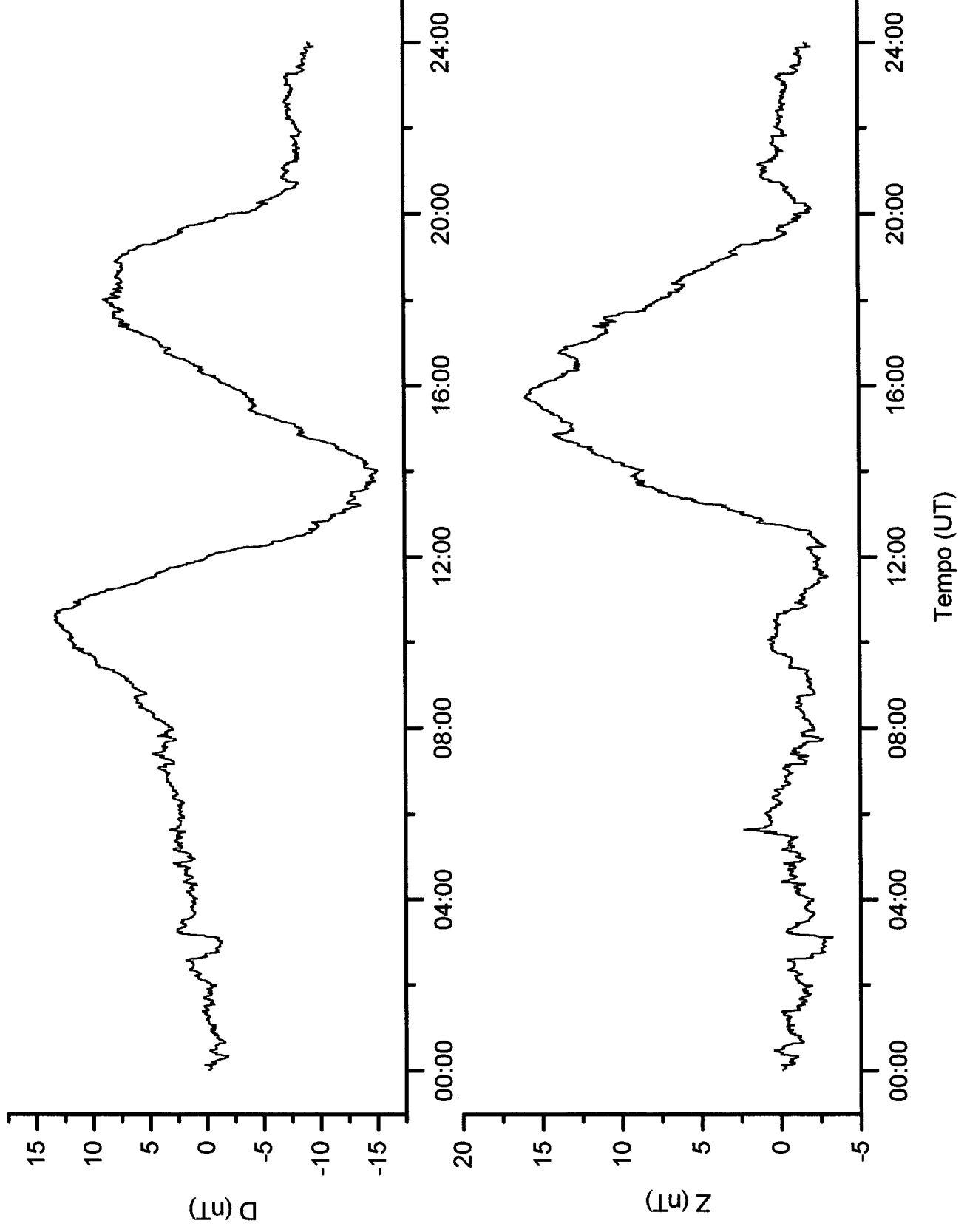
Media Mensal da Variação Diurna das Componentes do Campo Geomagnético  
na Estação Geomagnética de Santa Maria para o Mês de Maio de 1992.



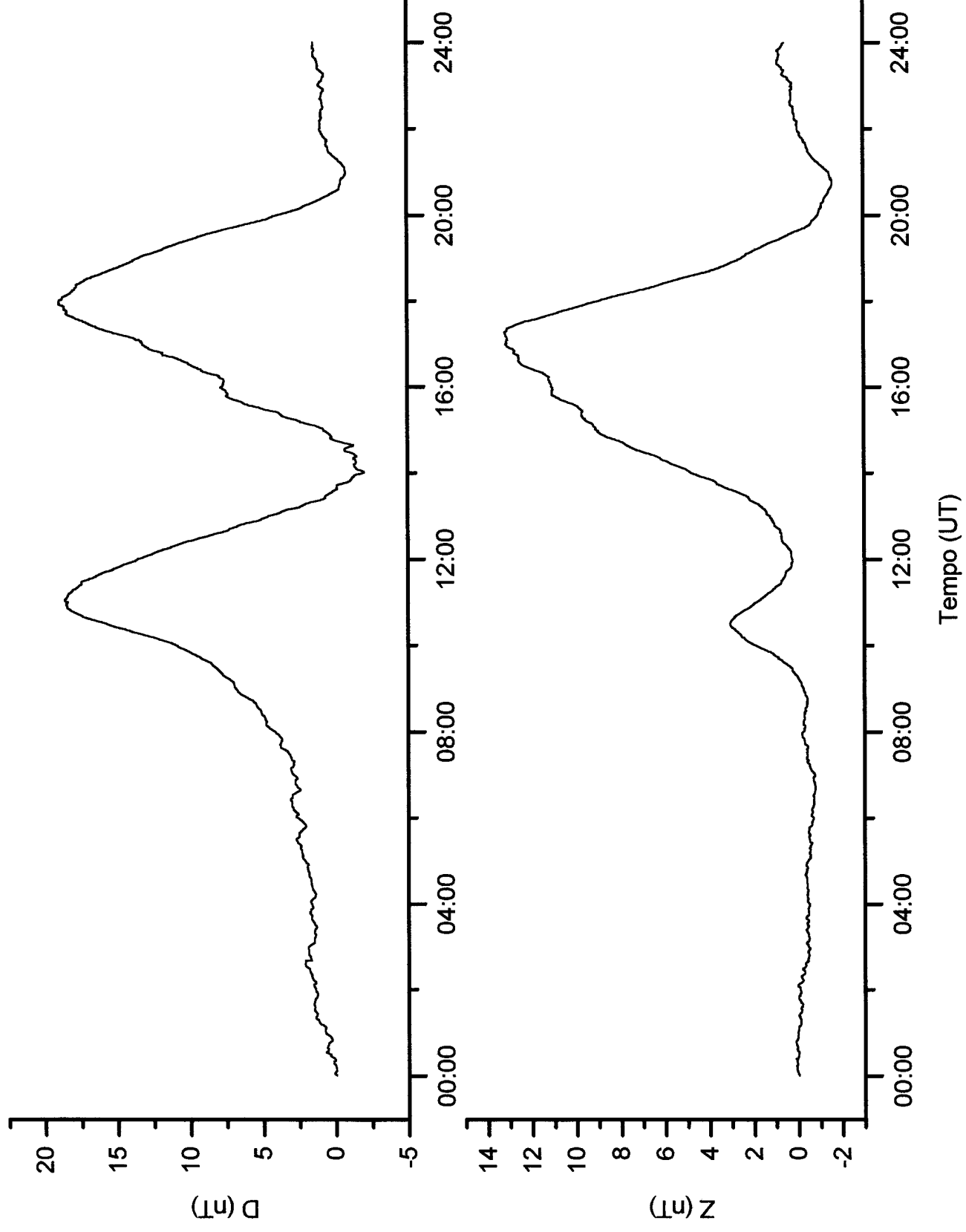
Média Mensal da Variação Diurna das Componentes do Campo Geomagnético  
na Estação Geomagnética de Santa Maria para o Mês de Junho de 1997.



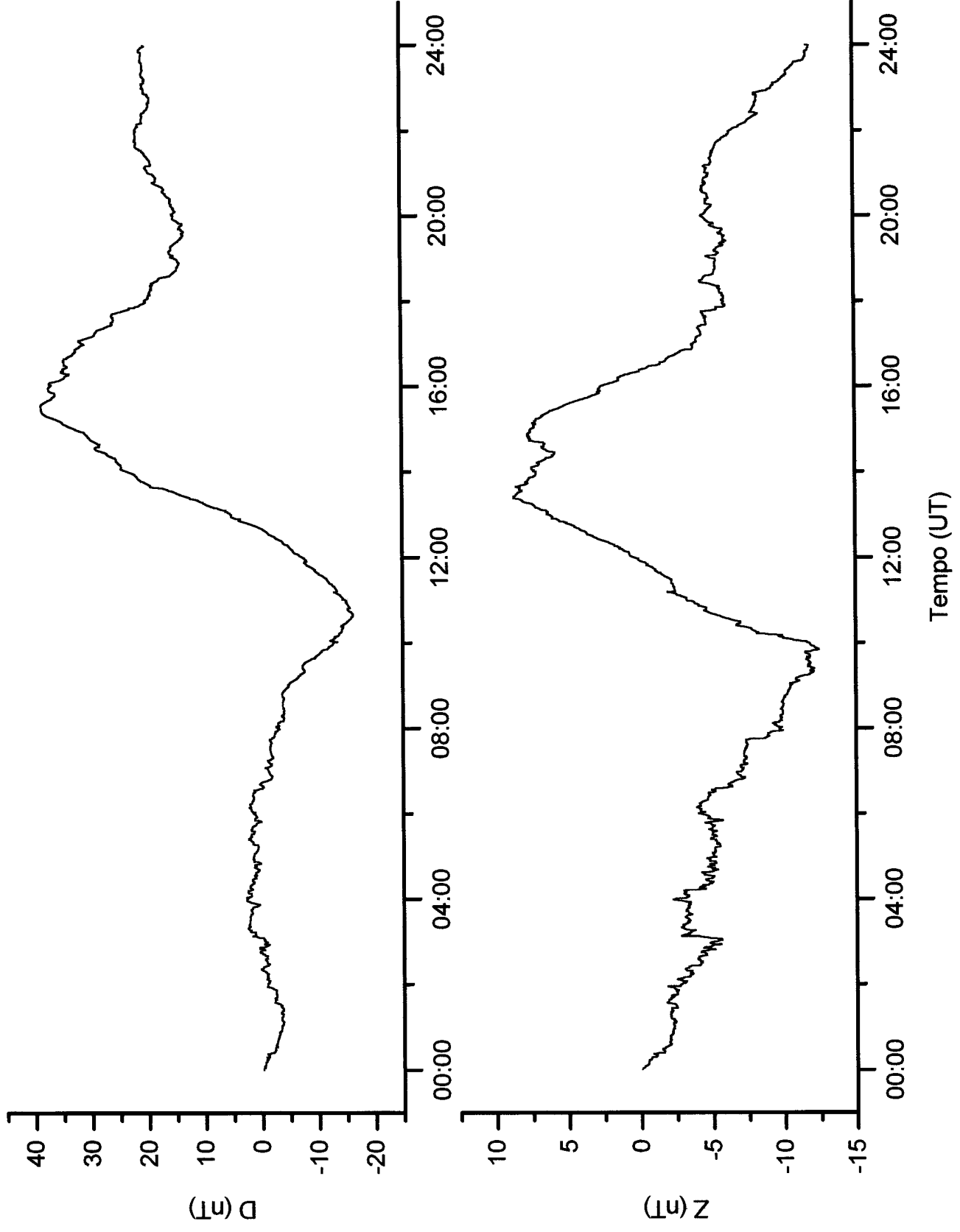
Média Mensal da Variação Diurna das Componentes do Campo Geomagnético na Estação Geomagnética de Santa Maria para o Mês de Julho de 1992.



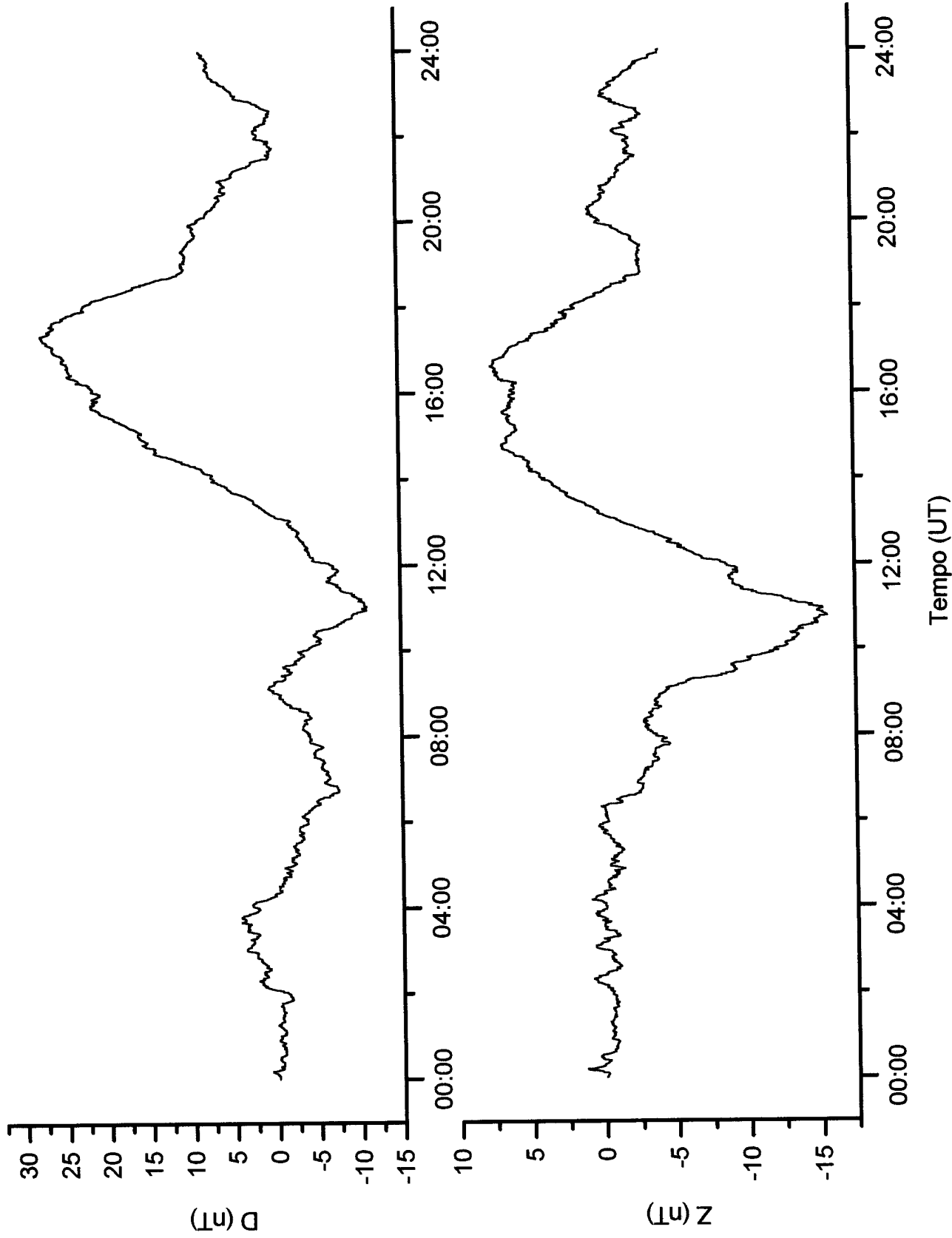
Média Mensal da Variação Diurna das Componentes do Campo Geomagnético  
na Estação Geomagnética de Santa Maria para o Mês de Julho de 1991.



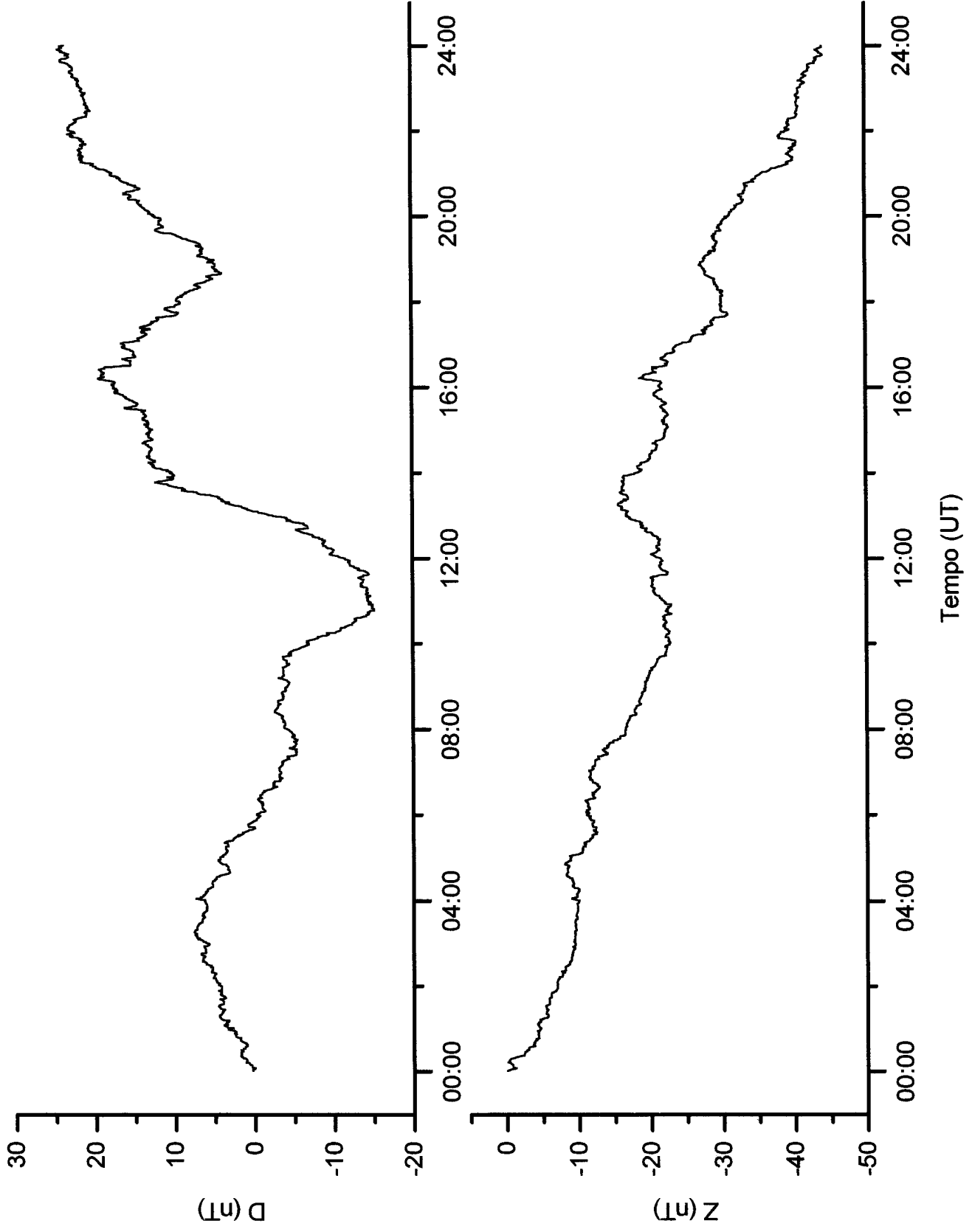
Média Mensal da Variação Diurna das Componentes do Campo Geomagnético  
na Estação Geomagnética de Santa Maria para o Mês de Janeiro de 1993.



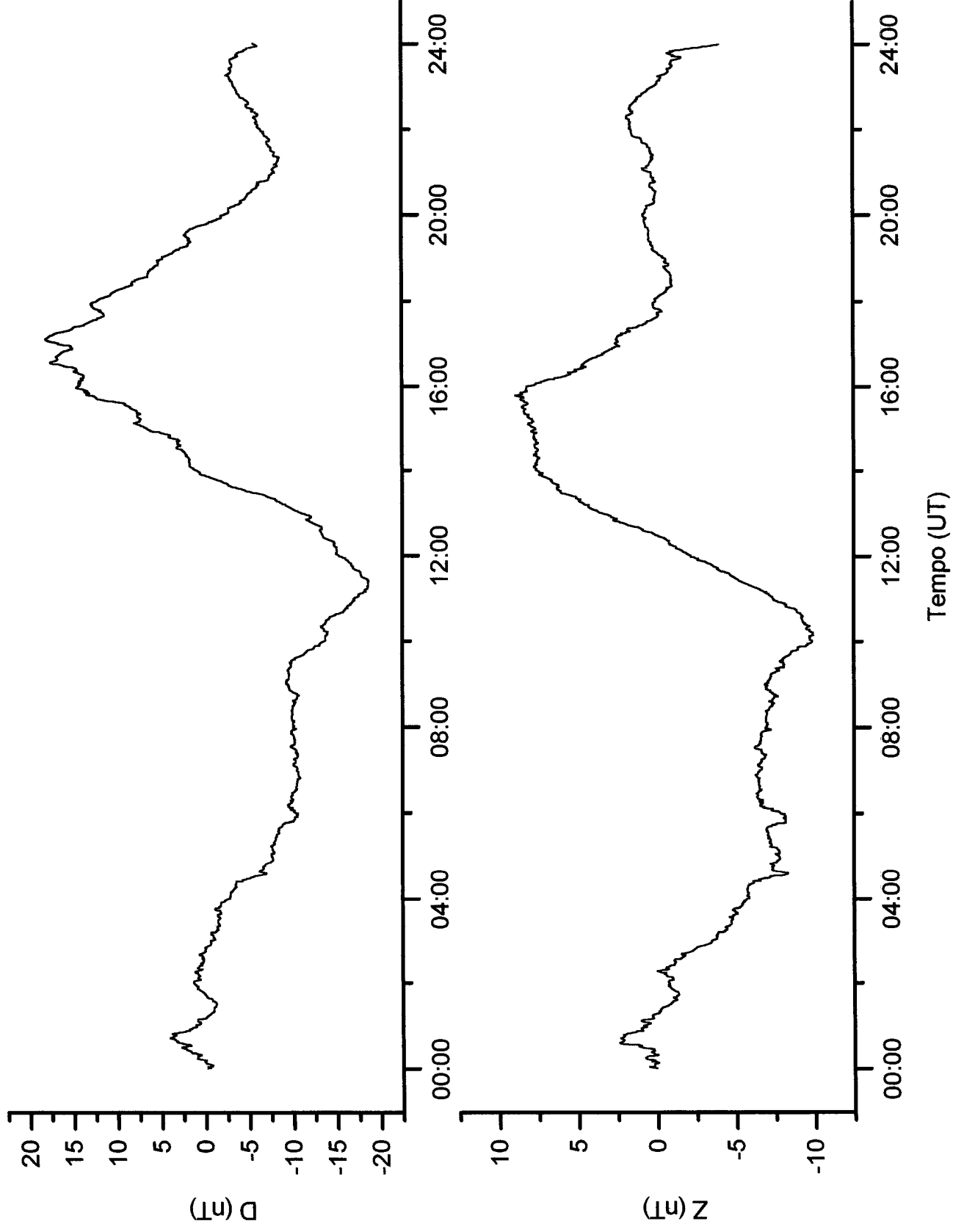
Média Mensal da Variação Diurna das Componentes do Campo Geomagnético  
na Estação Geomagnética de Santa Maria para o Mês de Janeiro de 1992.



Média Mensal da Variação Diurna das Componentes do Campo Geomagnético na Estação Geomagnética de Santa Maria para o Mês de Fevereiro de 1993.

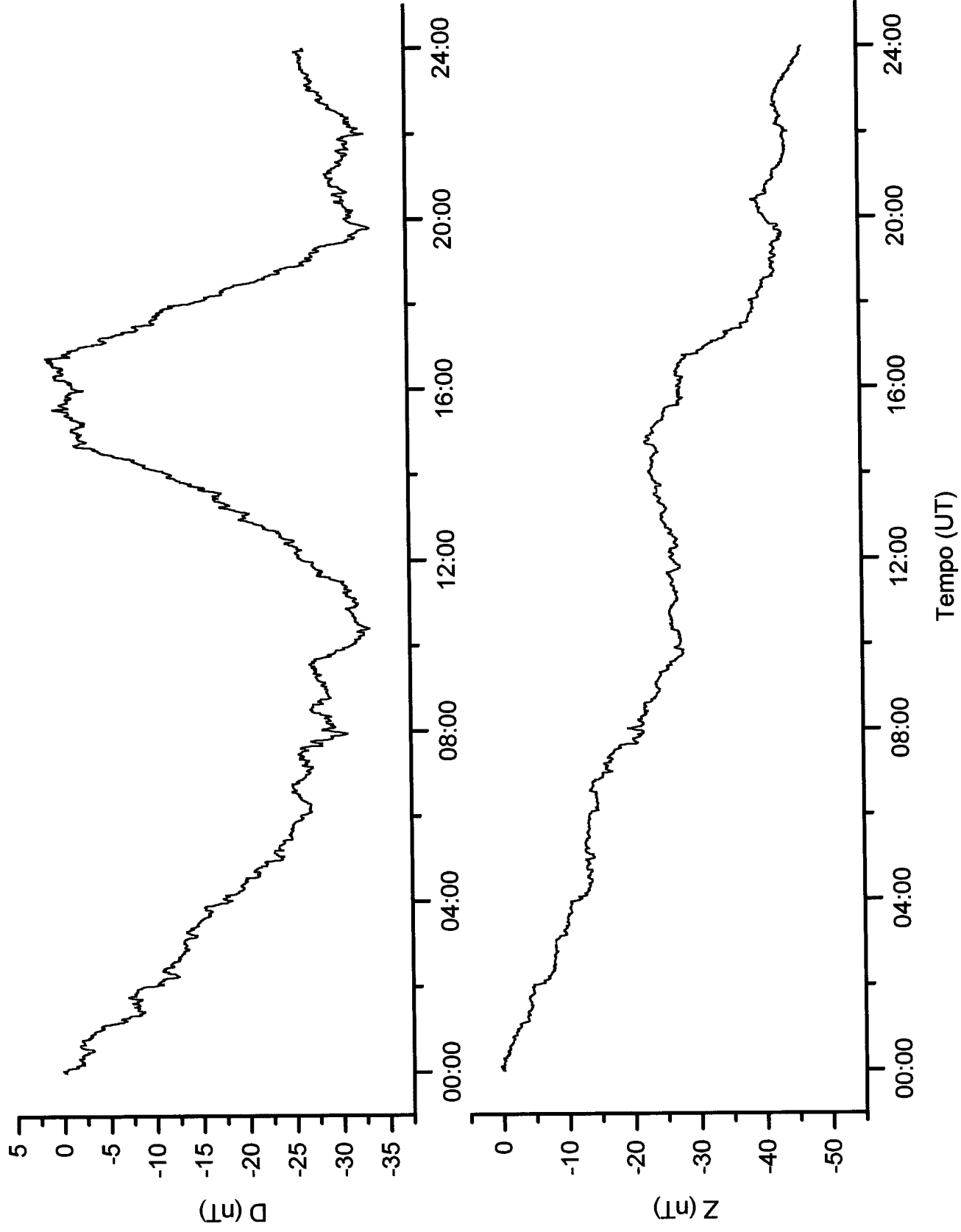


Media Mensal da Variação Diurna das Componentes do Campo Geomagnético  
na Estação Geomagnética de Santa Maria para o Mês de Fevereiro de 1992.

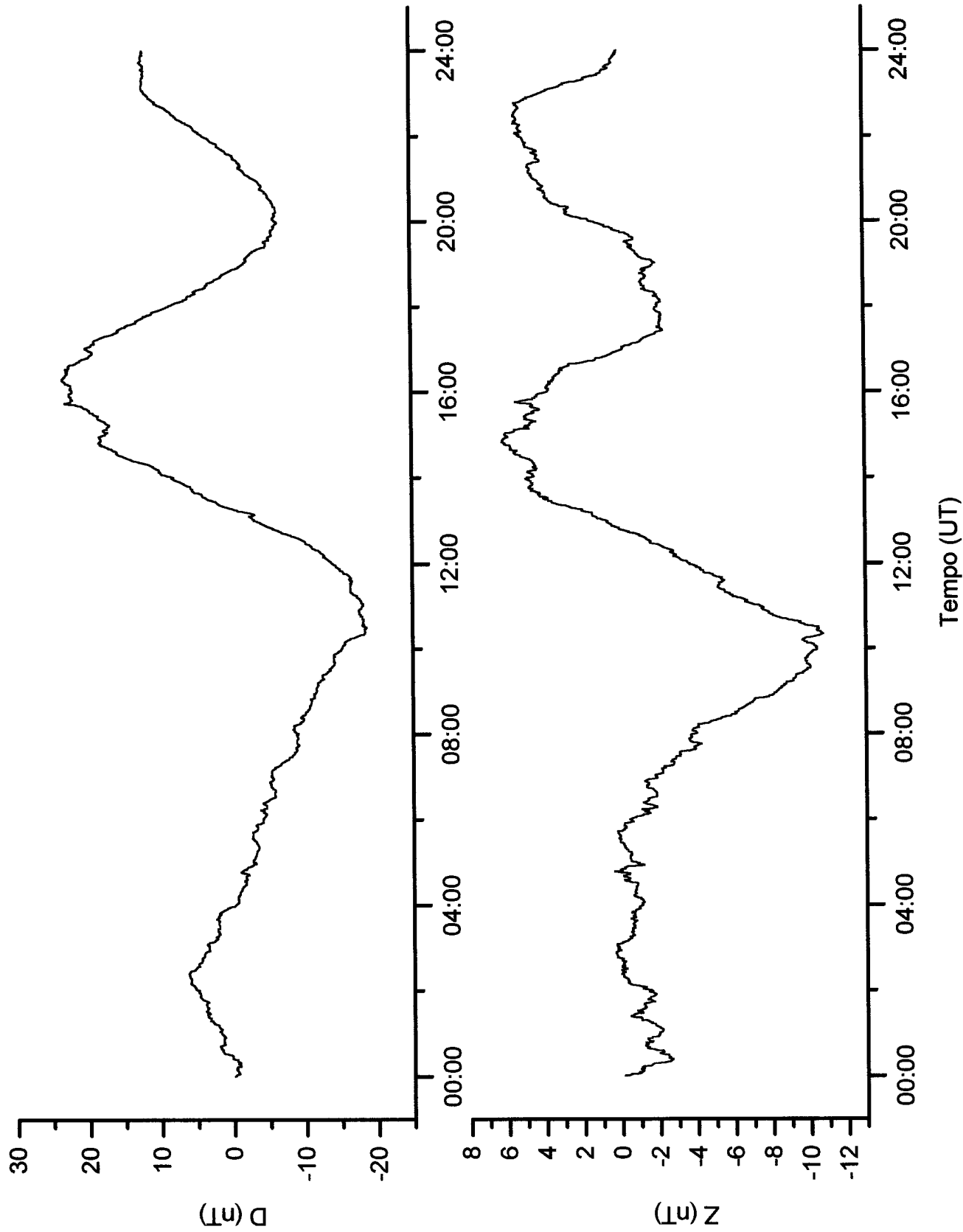




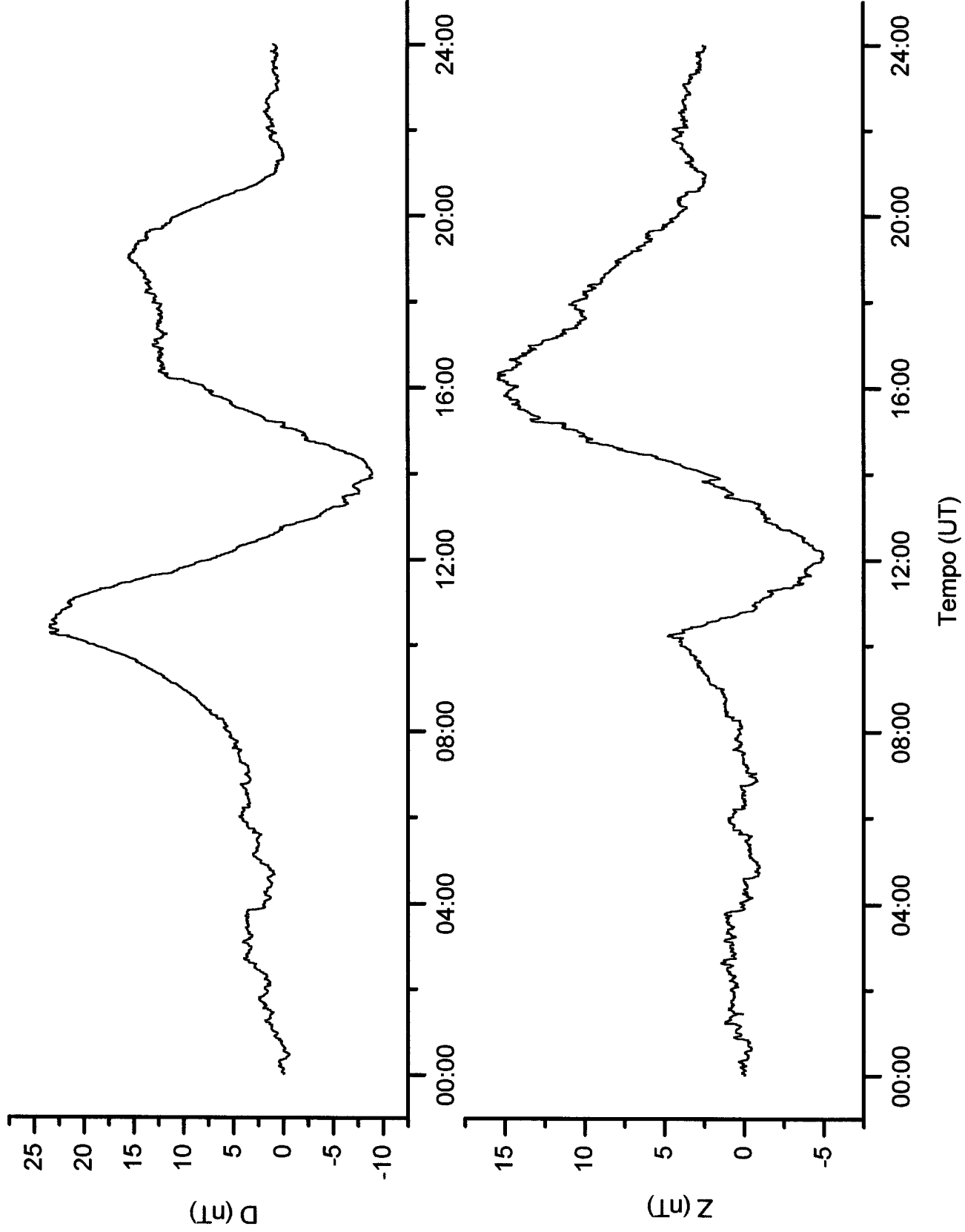
Medida Mensal da Variação Diurna da Componentes do Campo Geomagnético na Estação Geomagnética de Santa Maria para o Mês de Dezembro de 1992.



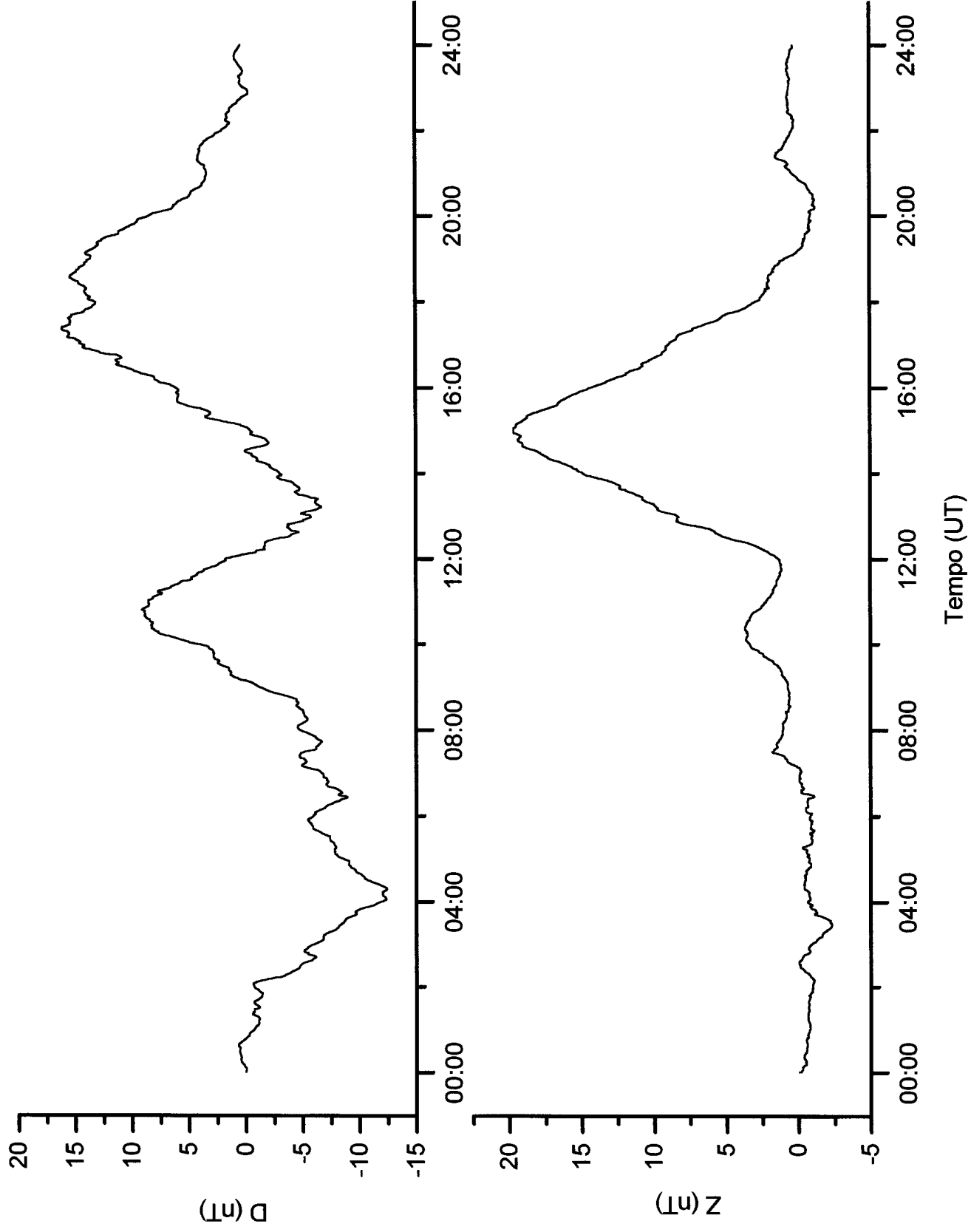
Média Mensal da Variação Diurna das Componentes do Campo Geomagnético na Estação Geomagnética de Santa Maria para o Mês de Dezembro de 1991.



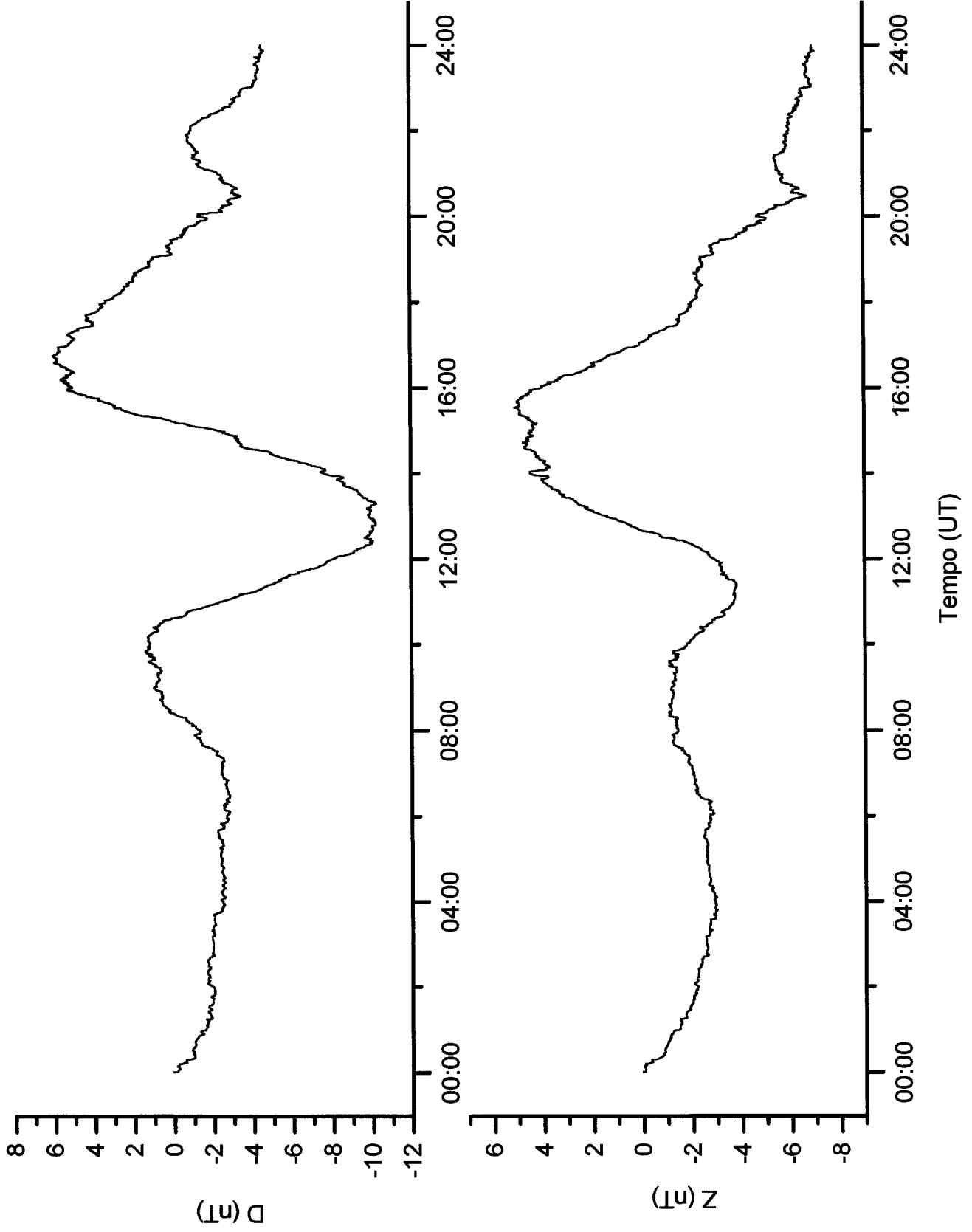
Média Mensal da Variação Diurna das Componentes do Campo Geomagnético na Estação Geomagnética de Santa Maria para o Mês de Agosto de 1992.



Média Mensal da Variação Diurna dos Componentes do Campo Geomagnético  
na Estação Geomagnética de Santa Maria para o Mês de Agosto de 1991.

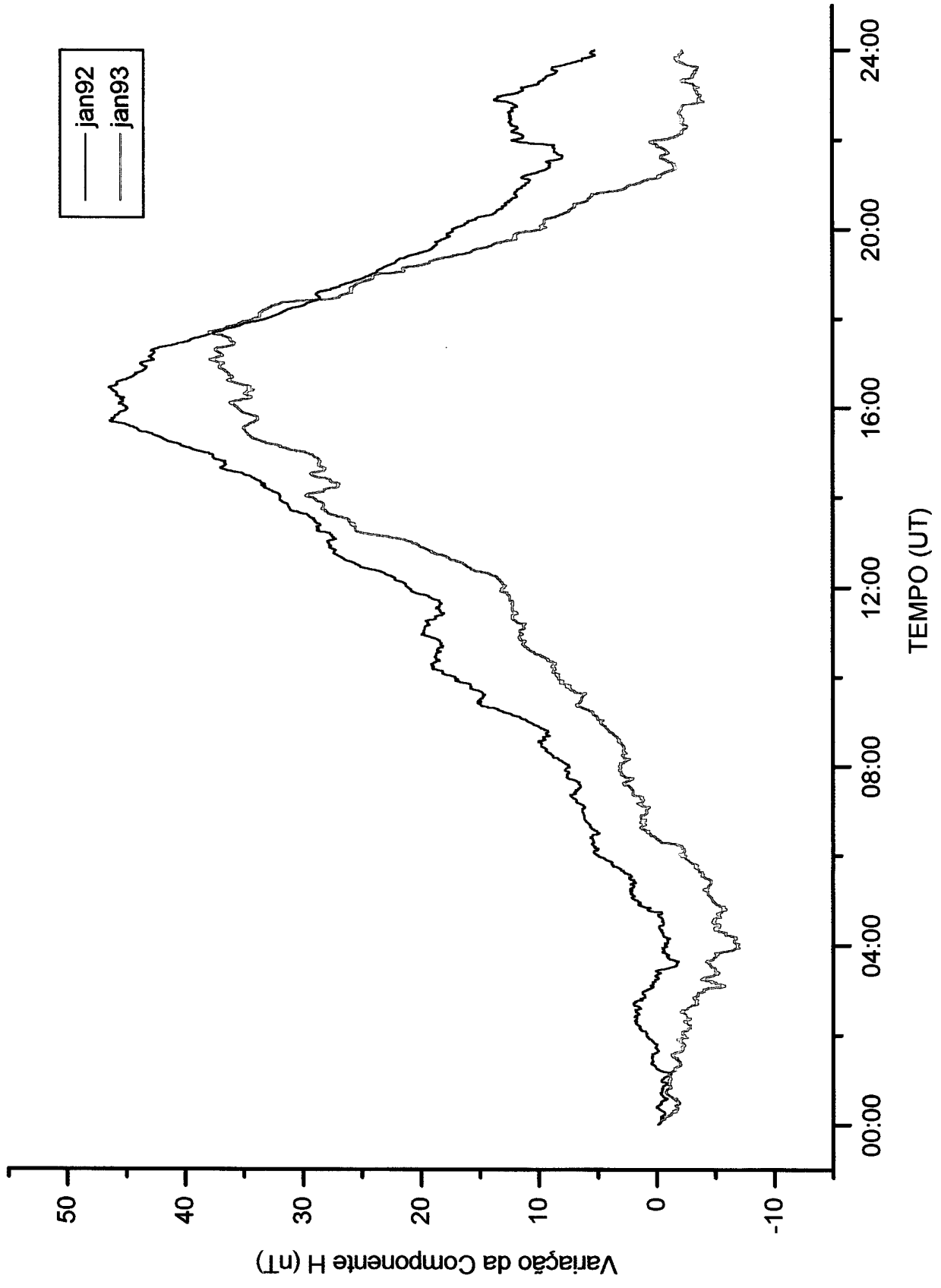


Média Mensal da Variação Diurna das Componentes do Campo Geomagnético  
na Estação Geomagnética de Santa Maria para o Mês de Abril de 1992.

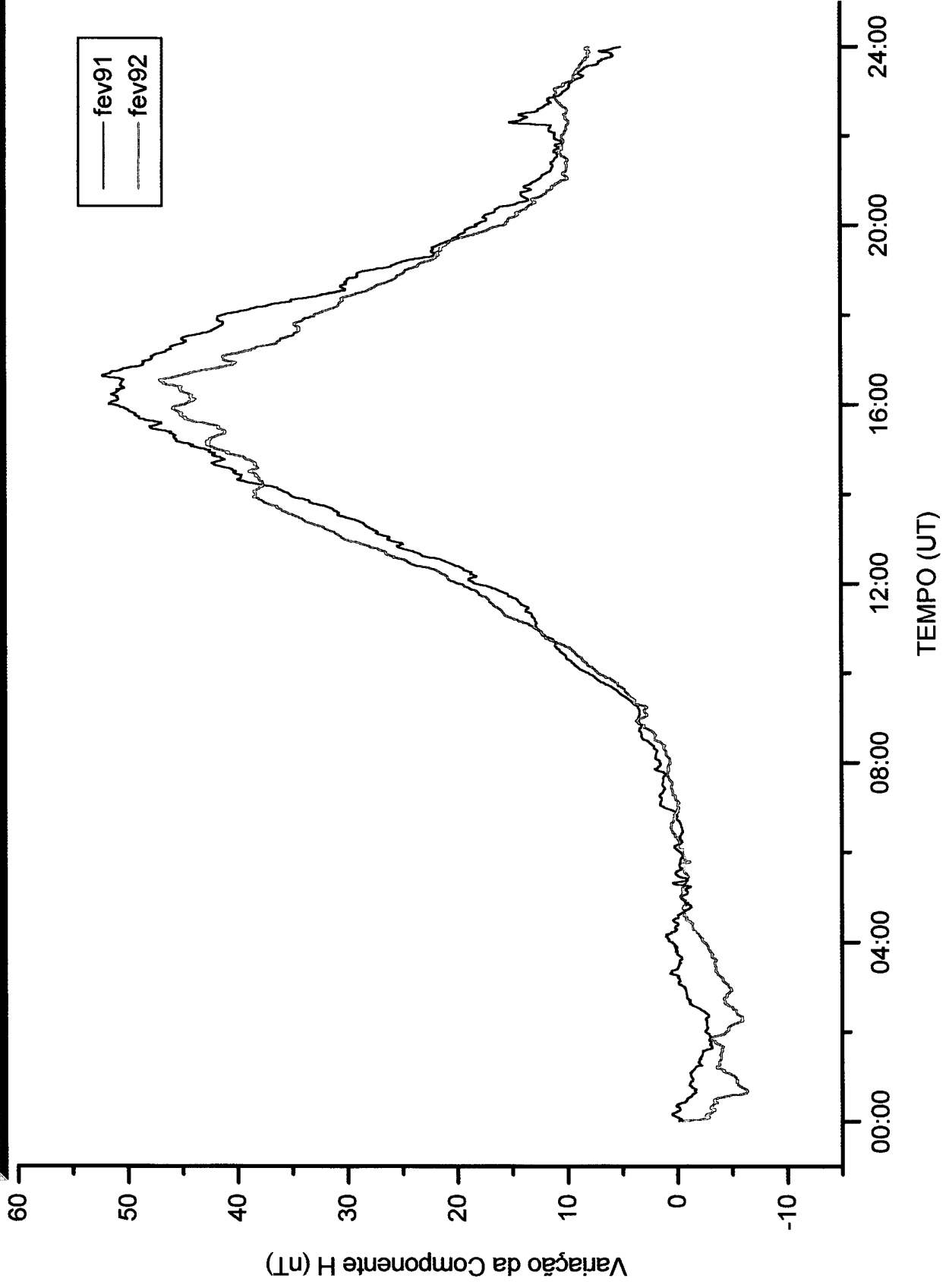


## **ANEXO D**

Mudanças na Variação Diurna da Componente H do Campo Geomagnético na Estação Geomagnética de Santa Maria, para o Mês de Janeiro de 1992 e 1993

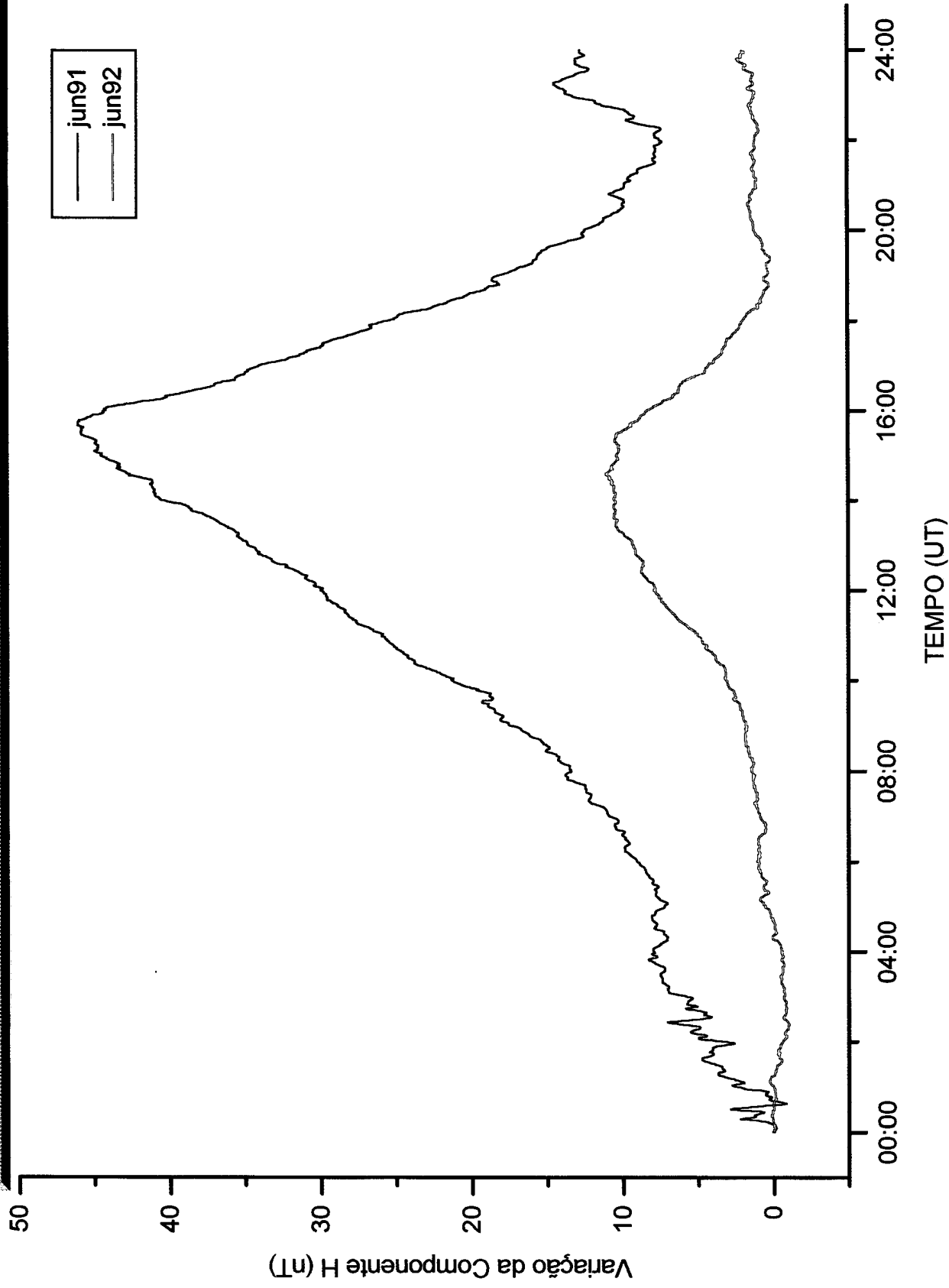


Mudanças na Variação Diurna do Componente H do Campo Geomagnético na Estação Geomagnética de Santa Maria para o Mês de Fevereiro de 1991 e 1992

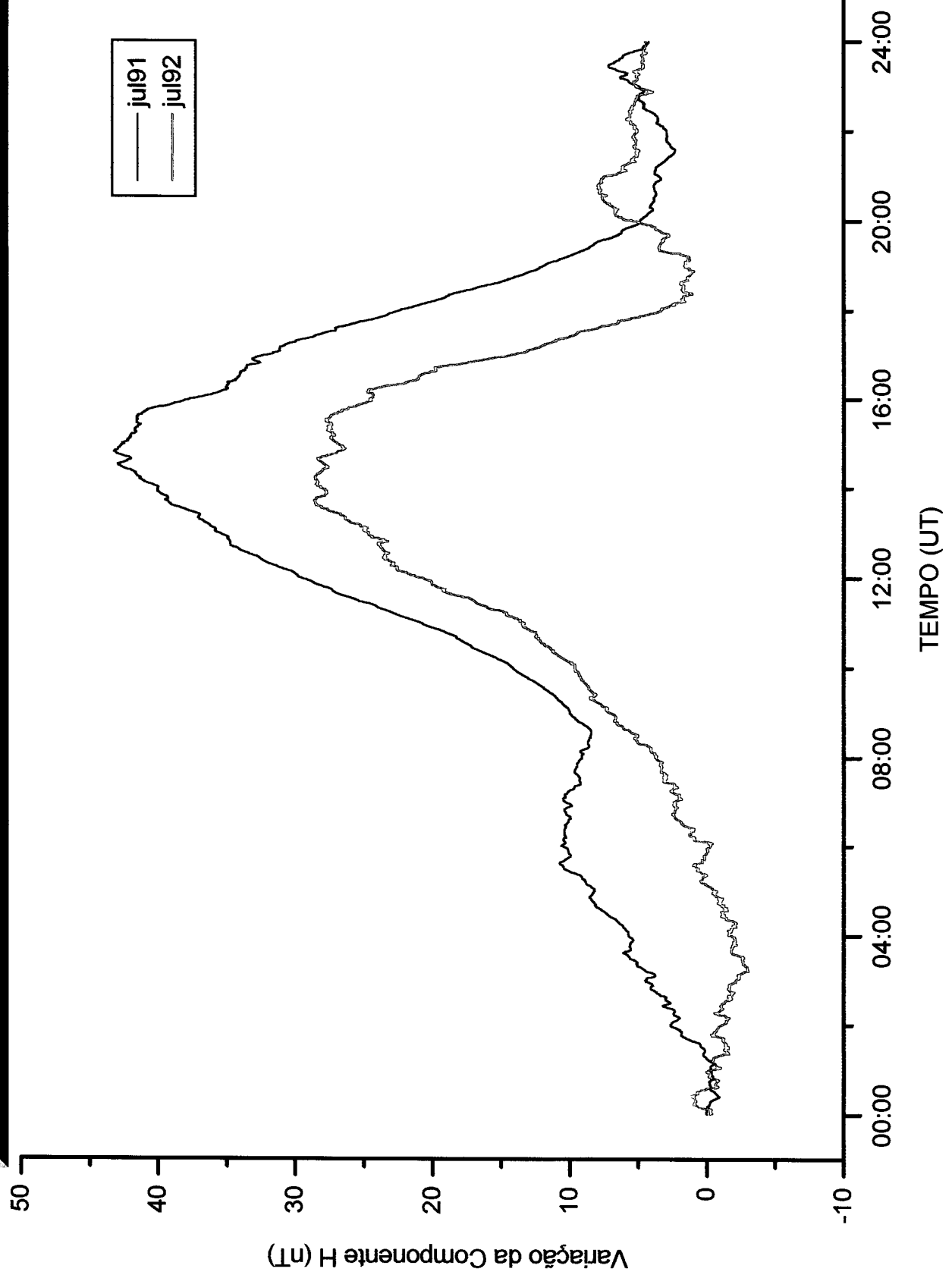




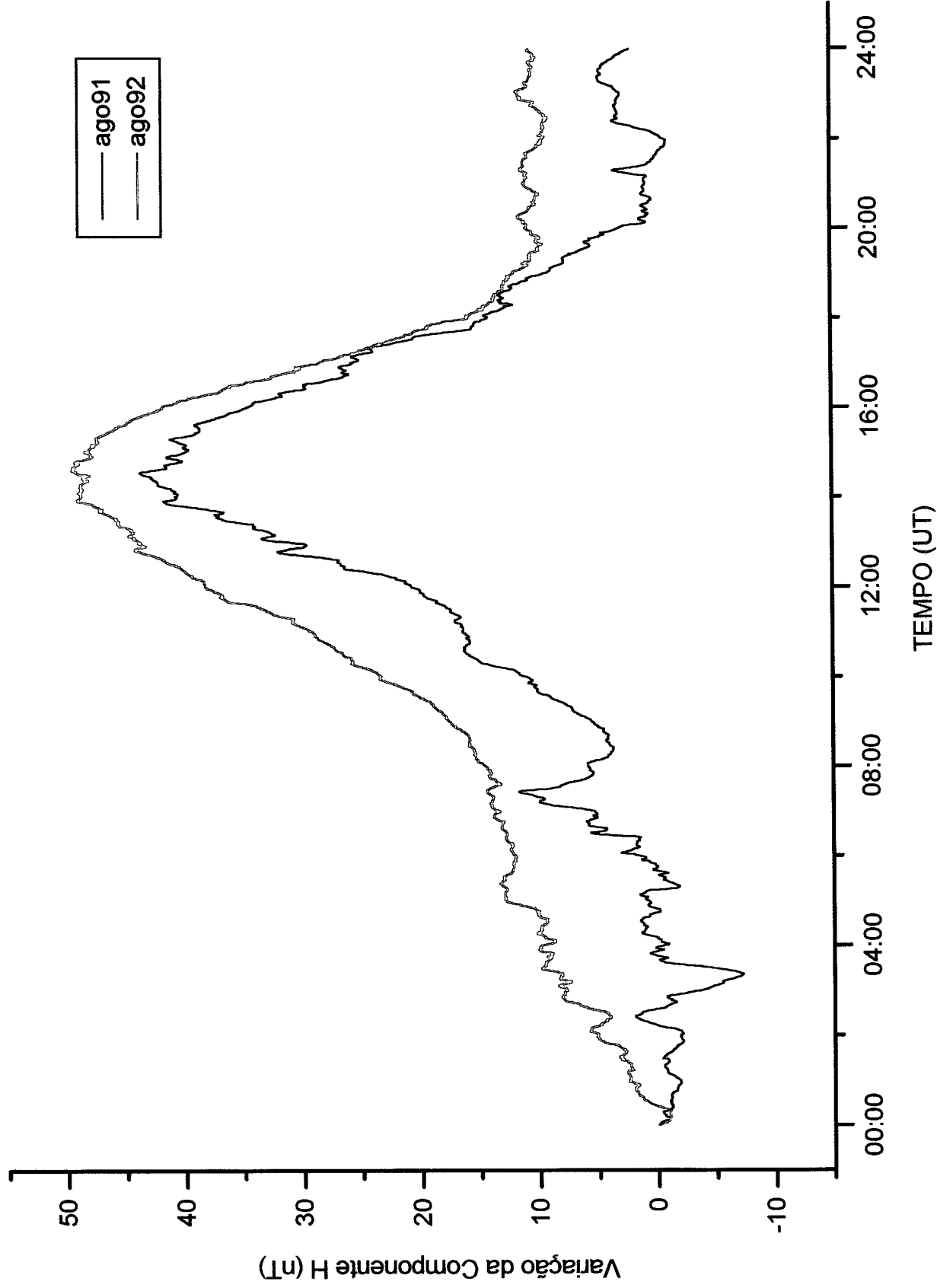
Mudanças na Variação Diurna da Componente H do Campo Geomagnético na Estação Geomagnética de Santa Maria para o Mês de Junho de 1991 e 1992



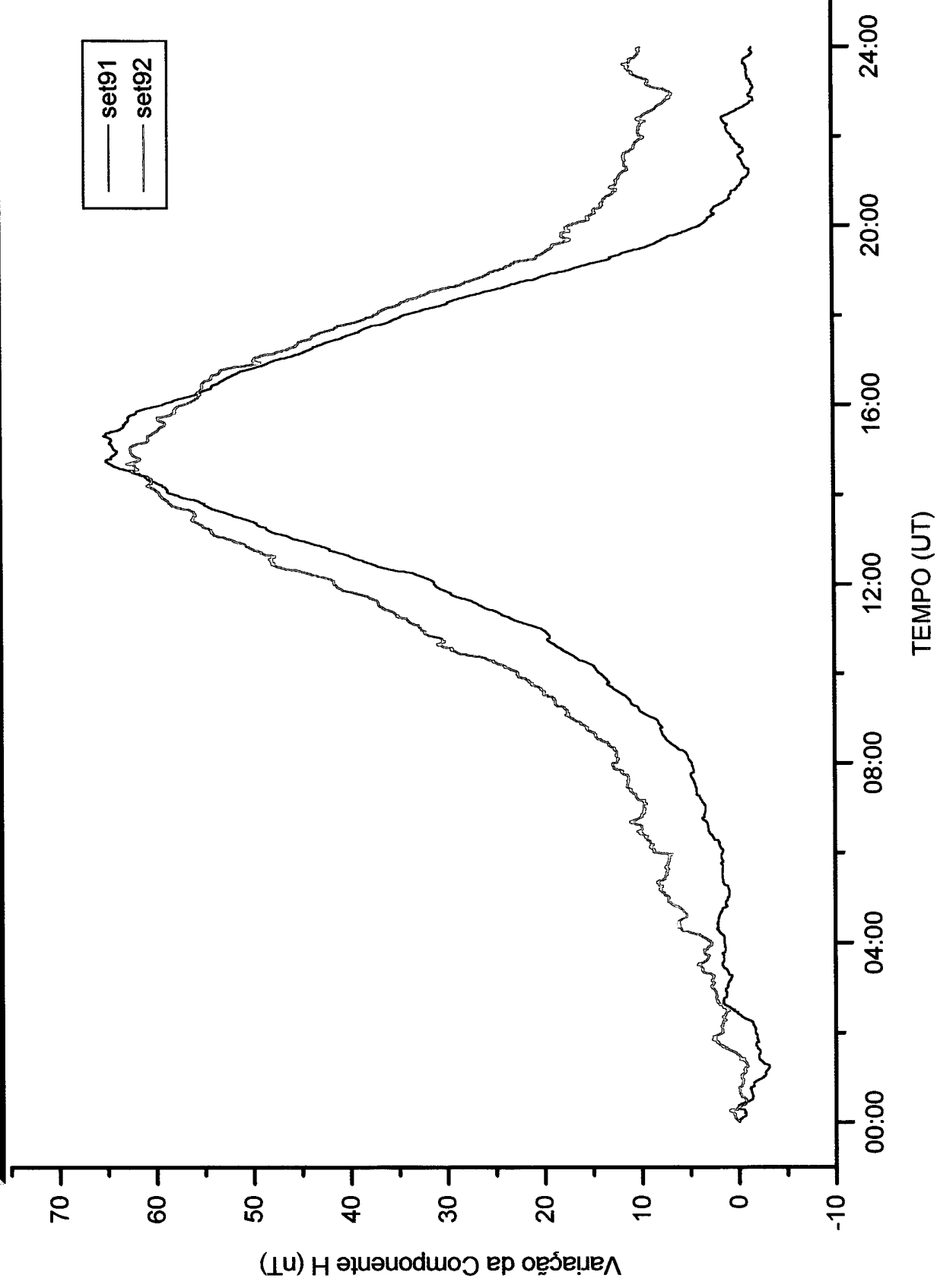
Mudanças na Variação Diurna da Componente H do Campo Geomagnético na Estação Geomagnética de Santa Maria, para o Mes de Julho de 1991 e 1992.



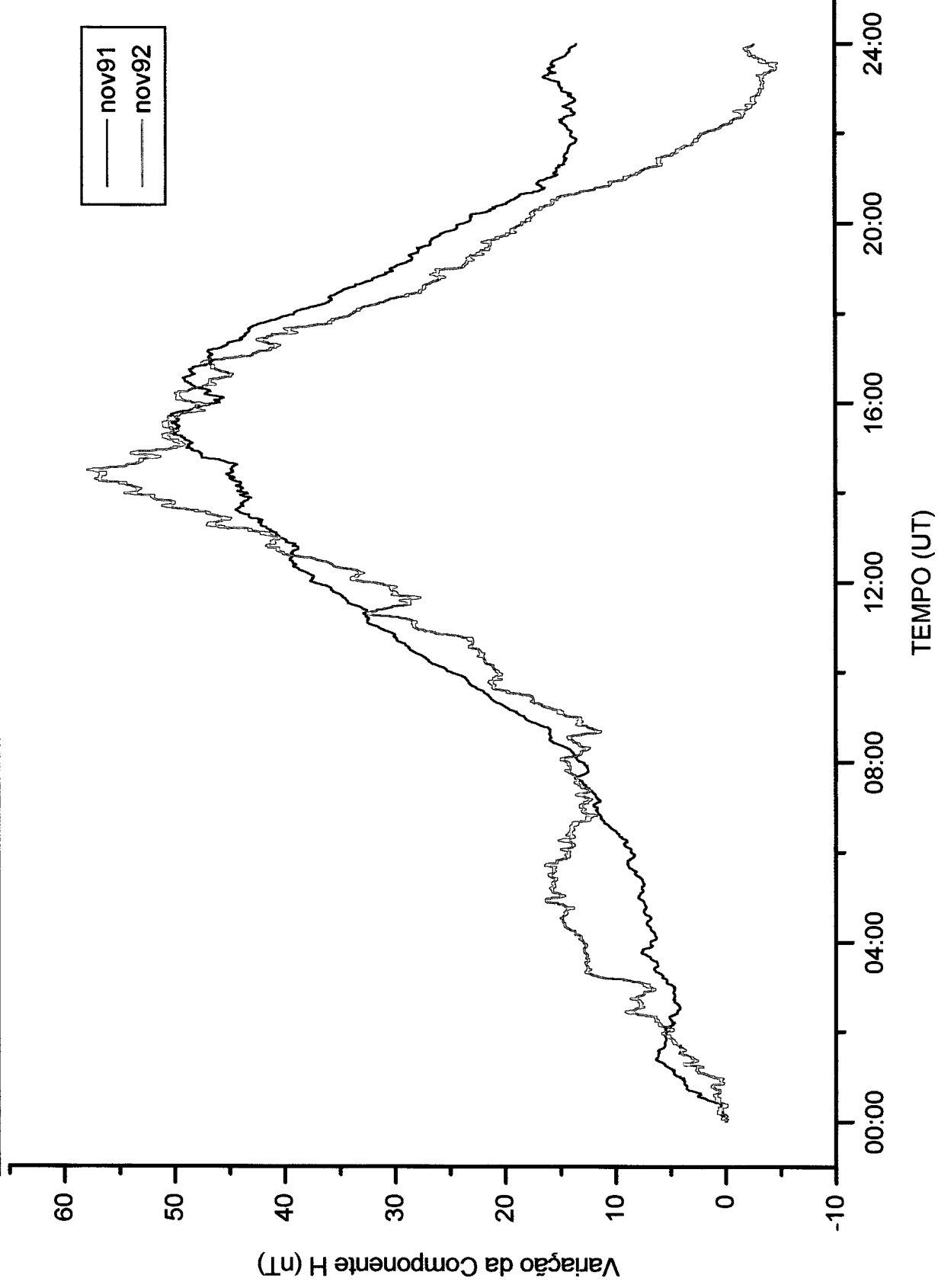
Mudanças na Variação Diurna da Componente H do Campo Geomagnético na Estação Geomagnética de Santa Maria, para o Mês de Agosto de 1991 e 1992



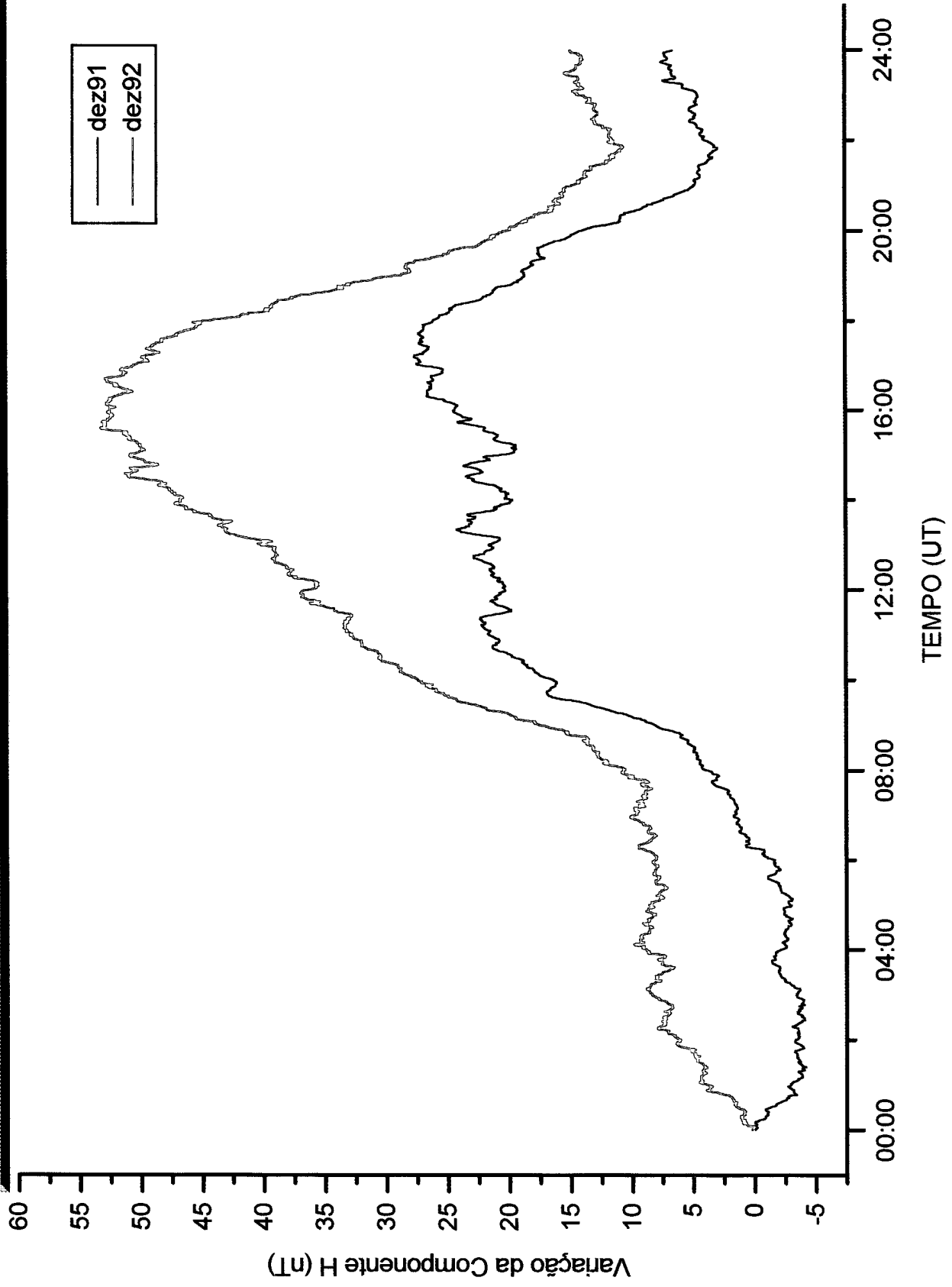
Mudanças na Variação Diurna da Componente H do Campo Geomagnético na Estação Geomagnética de Santa Maria para o Mês de Setembro de 1991 e 1992



Mudanças na Variação Diurna da Componente H do Campo Geomagnético na Estação Geomagnética de Santa Maria para o Mês de Novembro de 1991 e 1992



Mudanças na Variação Diurna da Componente H do Campo Geomagnético na Estação Geomagnética de Santa Maria, para o Mês de Dezembro de 1991 e 1992



## **ANEXO E**

### Número de Manchas Solares por Año

ANO	Nº DE MANCHAS SOLARES
1950	83.9
1951	69.4
1952	31.5
1953	13.9
1954	4.4
1955	38
1956	141.7
1957	190.2
1958	184.8
1959	159
1960	112.3
1961	53.9
1962	37.6
1963	27.9
1964	10.2
1965	15.1
1966	47
1967	93.7
1968	105.9
1969	105.5
1970	104.5
1971	66.6
1972	68.9
1973	38



1974	34.5
1975	15.5
1976	12.6
1977	27.5
1978	92.5
1979	155.4
1980	154.6
1981	140.5
1982	115.9
1983	66.6
1984	45.9
1985	17.9
1986	13.4
1987	29.2
1988	100.2
1989	157.6
1990	142.6
1991	145.7
1992	94.3
1993	54.6
1994	29.9
1995	17.5
1996	8.6
1997	21.5
1998	64.3