

## ESTUDOS DO CAMPO GEOMAGNÉTICO E ESTUDOS FOTOMÉTRICOS DA TERMOSEFERA UTILIZANDO TÉCNICAS DIGITAIS

Adriana Bustamante Nascimento

Aluna da Universidade do Vale do Paraíba - Bolsa PIBIC / CNPq  
Orientador: Dr. José Humberto Andrade Sobral, Pesquisador Senior  
Área de Ciências Espaciais e Atmosféricas do INPE

Esta apresentação focalizará dois resultados principais deste projeto. O primeiro deles concerne o estudo das derivas ionosféricas considerando 10 dias (cinco dias mais quietos e cinco dias mais perturbados) em cada fase do ciclo de atividade solar. Essa metodologia permitirá eliminar o efeito do ciclo da atividade solar na análise das derivas zonais. O segundo aspecto é o estudo do campo geomagnético terrestre conforme descrito abaixo. Será apresentado também fotografias digitalizadas por esta bolsista, como parte do presente projeto de pesquisa.

O campo magnético é um campo vetorial tridimensional, isto é, com propriedades de intensidade, direção e sentido. Portanto, o campo magnético em qualquer ponto da superfície da Terra deve ser especificado por três parâmetros, que são: intensidade total, declinação e inclinação. A intensidade do campo é representada pela distância que separa linhas de força adjacentes.

O campo magnético terrestre interfere fortemente com a dinâmica do plasma espacial ionosférico, magnetosférico e interplanetário localizado nas vizinhanças do nosso planeta, acima de uma altitude de aproximadamente 100 km.

É importante identificar as origens da energia e os mecanismos físicos através dos quais esta energia do campo é gerada. No caso do campo magnético terrestre, a sua origem está primordialmente nas correntes elétricas que ocorrem no interior da Terra. Entretanto tal estudo está fora do escopo deste projeto de pesquisa. Um campo estático representa uma densidade de energia  $B^2/8\pi$  onde B representa a intensidade do campo magnético. Atualmente as origens terrestre e extraterrestre conhecidas para uma contribuição apreciável para o campo geomagnético são as seguintes: Movimento do núcleo; Magnetização crosta; Gravitação; Radiação eletromagnética solar; Radiação corpuscular solar e campo interplanetário.

O estudo do campo geomagnético que será apresentado foi realizado com base em um software aplicativo GEOMAG - *Geomagnetic Field Models*, desenvolvido pela *National Oceanic and Atmospheric Administration*, para o estudo específico das características do campo geomagnético em uma determinada região. Foi escolhida a região de Cachoeira Paulista (22°41'S, 45°00'O).

**INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**

**PIBIC - Programa de Bolsas de Iniciação Científica**

**RELATÓRIO FINAL**

Título do Projeto de Pesquisa:

Estudos do campo magnético terrestre e  
Estudos fotométricos da Termosfera utilizando técnicas digitais

Bolsista: Adriana Bustamante Nascimento

Orientador: Dr. José Humberto Andrade Sobral

Data de Entrega: 06 de julho de 1996

## 1 ♦ Objetivo deste projeto de pesquisa

Este projeto de pesquisa tem dois objetivos científicos:

**Objetivo 1.** O estudo das velocidades de deriva das bolhas ionosféricas, a uma altura de aproximadamente 300 km, nos meses de março e outubro durante os cinco dias mais quietos e os cinco dias mais perturbados dentro do ciclos de atividade solar máxima e mínima.

Talvez seja importante ressaltar que o banco de dados de airglow OI 630 nm de Cachoeira Paulista utilizado neste trabalho é único do mundo que cobre, continuamente, um período de observação das bolhas ionosféricas superior a um ciclo solar de 11 anos. Portanto os resultados das velocidades zonais aqui apresentados são absolutamente inéditos.

**Objetivo 2:** Tomar conhecimento da morfologia do campo magnético terrestre (intensidade, direção, determinação do eletrojato equatorial etc.) através de leitura de livros e também utilizando o aplicativo *GEOMAG - Geomagnetic Field Models and Synthesis Software* adquirido da NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration - National Geophysical Data Center - Worlds Data Center - A for Solid Earth Geophysics*) em CD. Esse modelo permite a determinação do campo magnético em qualquer mês do ano, entre os anos 1945 e 1995, na faixa de altura de 0 a 600 km.

Este estudo limita-se às linhas de campo geomagnético que começam e terminam na superfície terrestre, esta região é mostrada da Figura 1 que é a representação da magnetosfera terrestre, as linhas aqui estudadas são ilustradas na região preenchida pela cor rosa. As linhas de campo que se unem às linhas do campo magnético interplanetário estão fora do escopo deste estudo.

## Objetivo 1 - Estudo das velocidades de deriva zonal das bolhas ionosféricas

### Introdução

As bolhas ionosféricas são zonas de depleção do plasma ionosférico. Elas se estendem ao longo das linhas de força do campo geomagnético (**B**), podendo atingir comprimentos de até 10.000 km ao longo de **B**. Elas causam uma redução na emissão atmosférica do oxigênio atômico (OI 630 nm) fato que possibilita a sua detecção e determinação da sua velocidade de propagação a uma altura de cerca de 300 km, que é aproximadamente a altura da camada emissora de *airglow*.

Estuda-se aqui a velocidade de deriva zonal (ou seja, na direção leste-oeste) da bolha baseado nas assinaturas das bolhas no sinal de aeroluminescência (*airglow*), conforme ilustram as Figura 2 e 3. A Figura 2 é uma representação idealizada do perfil da bolha ionosférica e a Figura 3 são mosaicos obtidos sobre a região de Cachoeira Paulista no mês de janeiro de 1990.

## **Metodologia**

É feito aqui um estudo estatístico das velocidades zonais das bolhas ionosféricas sobre a região de Cachoeira Paulista para os meses março e outubro no período 1980-1992 o qual encerra um ciclo de atividade solar completo, conforme descrito adiante. Esses dois meses foram selecionados por apresentarem ampla base de dados de *airglow*. As velocidades foram determinadas a partir dos dados fotométricos de varredura obtidos no observatório ótico de Cachoeira Paulista (CP).

O presente estudo tem como objetivo geral estudar a associação entre o índice geomagnético Kp e as velocidades de deriva zonais das bolhas. Foram escolhidos dois períodos de dados, um deles o de máxima atividade solar (MAX) (de 1980 até 1982 e de 1989 até 1992) e o outro durante o período de mínima atividade solar (MIN) (de 1983 até 1988), evitando dessa forma efeitos devido ao ciclo solar. Isto é, foram escolhidos 10 dias durante o período MAX e outros 10 dias durante o período MIN. Por outro lado, cada um desses dois grupos foram divididos em dois subgrupos, um deles correspondendo aos cinco dias com maior índice Kp e o outro aos cinco dias com menor índice Kp.

O grupo dos dias em que o índice Kp era mais elevado foi considerado o grupo de dias geomagneticamente mais perturbados (D) e o grupo dos dias em que o índice Kp era mais baixo foi considerado o grupo dos dias geomagneticamente mais quietos (Q). O índice Kp é publicado periodicamente por alguns observatórios espaciais internacionais, os índices aqui utilizados foram obtidos da revista intitulada *Journal of Geophysical Research*, publicado mensalmente pela União Geofísica Norte-Americana. Os valores de Kp representam uma média de valores obtidos no espaço de tempo de três horas, começando à zero hora. Portanto o dia tem oito valores de Kp os quais correspondem aos intervalos de tempo de 0-3h, 3-6h, 6-9h etc.

O resultado destes seleção resultou nos seguintes grupos de dias:

### **Os dias escolhidos para o mês de março foram:**

No período de atividade solar máxima:

	<b>Kp</b>		<b>Kp</b>
Q1 - 12/03/80	2+	D1 - 30/03/90	40+
Q2 - 09/03/81	8-	D2 - 28/03/90	30
Q3 - 20/03/80	9+	D3 - 02/03/81	29-
Q4 - 16/03/91	13-	D4 - 10/03/92	25+
Q5 - 18/03/91	14-	D5 - 10/03/91	23

No período de atividade solar mínima:

	<b>Kp</b>		<b>Kp</b>
Q1 - 22/03/88	6	D1 - 13/03/86	28
Q2 - 22/03/85	8	D2 - 11/03/83	26+
Q3 - 30/03/87	8+	D3 - 15/03/83	24
Q4 - 24/03/87	9	D4 - 11/03/88	22+
Q5 - 20/03/85	10-	D5 - 26/03/87	21+

**Os dias escolhidos para o mês de outubro foram:**

No período de atividade solar máxima:

	<b>Kp</b>		<b>Kp</b>
Q1 - 01/10/80	5 <sup>-</sup>	D1 - 14/10/82	32 <sup>-</sup>
Q2 - 24/10/92	5 <sup>+</sup>	D2 - 17/10/82	28 <sup>+</sup>
Q3 - 02/10/80	10 <sup>-</sup>	D3 - 19/10/82	25
Q4 - 25/10/92	14	D4 - 25/10/81	24 <sup>+</sup>
Q5 - 13/10/91	16 <sup>-</sup>	D5 - 03/10/89	19 <sup>+</sup>

No período de atividade solar mínima:

	<b>Kp</b>		<b>Kp</b>
Q1 - 31/10/84	9 <sup>+</sup>	D1 - 16/10/85	24
Q2 - 27/10/84	16 <sup>+</sup>	D2 - 15/10/85	23 <sup>+</sup>
Q3 - 28/10/84	17	D3 - 29/10/86	23
Q4 - 26/10/87	19	D4 - 30/10/86	23
Q5 - 13/10/84	23 <sup>+</sup>	D5 - 28/10/86	14 <sup>+</sup>

Observação: Chamou-se de Q (1 até 5) o grupo dos dias mais quietos e D (1 até 5) o grupo dos dias mais perturbados.

**Conclusões**

Os resultados são mostrados em forma de gráficos (Figuras 4 e 5) para mês de março e (Figuras 6 e 7) para o mês de outubro e as tabelas abaixo. Tais velocidades resultam da ação de campos elétricos ionosféricos verticais apontando para a superfície terrestre em combinação com o campo geomagnético. Esses deslocamentos são comumente conhecidos como derivas  $\mathbf{E} \times \mathbf{B}$  e o módulo da velocidades é  $E/B$ . Como a intensidade do campo magnético é praticamente constante, podemos interpretar aquelas variações das velocidades como sendo função exclusiva da variação do campo elétrico da região F da ionosfera.

Através dos grupos de dados selecionados, foram feitos dois gráficos para cada mês. Estes gráficos mostram integradamente grupos dos dias mais quietos (representada na cor verde) e dos dias mais perturbados (representada na cor vermelha) dentro de um período de atividade solar.

Algumas características obtidas desses gráficos são sintetizadas nas tabelas abaixo:

<b>Mês de Março:</b> $V_{zonal}$	<b>SOLAR MAX</b> 100 - 150 ms <sup>-1</sup> Vkp1 ~ Vkp2 Vkp2 e Vkp1 crescem discretamente com a hora local	<b>SOLAR MIN</b> 25 - 110 ms <sup>-1</sup> Vkp2 > Vkp1 Vkp2 e Vkp1 decrescem com a hora local
-------------------------------------	---	--

<b>Mês de Outubro:</b> $V_{zonal}$	<b>SOLAR MAX</b> 110 - 175 ms <sup>-1</sup> Vkp1 > Vkp2 Vkp2 e Vkp1 cresce e decresce, respectivamente com a hora local	<b>SOLAR MIN</b> 10 - 150 ms <sup>-1</sup> Vkp2 ~ Vkp1 Vkp2 e Vkp1 decrescem rapidamente com a hora local
---------------------------------------	--	--

A interpretação dos gráficos é melhor representada pelas retas existentes nos gráficos que resultam de interpolações utilizando o método dos mínimos quadrados.

Nota a variação de  $V_{zonal}$  com a hora local aumenta (diminui) em função do campo elétrico vertical que domina a região F da ionosfera.

Vkp1 - velocidade do grupo de índice Kp elevado (dias mais perturbados)

Vkp2 - velocidade do grupo de índice Kp baixo (dias mais quietos)

Baseado nas características descritas nas tabelas acima para os dois grupos de dias no mês de março e no mês de outubro concluiu-se:

**Mês de março:**

1 ♦ A velocidade zonal do grupo dos dias do período de atividade solar máxima apresenta-se concentrada de 100 m/s a 150 m/s, enquanto que no solar mínimo esta velocidade varia de 25 m/s a 110 m/s.

2 ♦ A velocidade  $V_{kp1}$  é aproximadamente equivalente a  $V_{kp2}$  dentro do período de atividade solar máxima. Por outro lado, no período de atividade solar mínima,  $V_{kp2}$  é maior que  $V_{kp1}$ .

3 ♦ Analisando-se as duas retas, que representam as velocidades dos dois grupos de dias, no geral, pode-se dizer que no período de atividade solar máxima as duas retas crescem discretamente com a hora local e no período de atividade solar mínima as duas descrevem com a hora local.

#### **Mês de outubro:**

1 ♦ A velocidade zonal do grupo dos dias do período de atividade solar máxima varia de 110 m/s a 175 m/s. E o grupo dos dias do período de atividade solar mínima varia de 10 m/s a 150 m/s. A partir desta análise pode-se verificar que a velocidade no período de atividade solar máxima é maior que a velocidade no período de atividade solar mínima.

2 ♦ A velocidade  $V_{kp1}$  é maior que a  $V_{kp2}$  no período de atividade solar máxima. Enquanto que no período de atividade solar mínima elas são aproximadamente equivalentes.

3 ♦ Analisando-se as retas que representam as velocidades  $V_{kp1}$  e  $V_{kp2}$  pode-se verificar que:

- no período de atividade solar máxima  $V_{kp1}$  cresce e  $V_{kp2}$  decresce com a hora local.
- no período de atividade solar mínima as duas retas decrescem rapidamente com a hora local.

#### **Analisando-se as características apontadas nos dois meses pode-se dizer que:**

A velocidade zonal, nestes dois meses, não sofreu muita variação no período de atividade solar máxima, variando de 100 m/s a 150 m/s (para o mês de março) e 110 m/s a 175 m/s (para o mês de outubro). Ocorrendo o inverso no período de atividade solar mínima, com grande variação da velocidade zonal, de 25 m/s a 110 m/s (para o mês de março) e 10 m/s a 150 m/s (para o mês de outubro).

## **Objetivo 2 - Tomar conhecimento da morfologia do campo magnético terrestre utilizando o aplicativo GEOMAG.**

### **Introdução**

O campo magnético terrestre, a exemplo de qualquer campo magnético, é um campo vetorial, isto é, tem magnitude, direção e sentido. O campo magnético é representado convencionalmente por linhas de força, cuja tangente em qualquer ponto indica a direção do campo. A intensidade do campo é representada pela distância que separa linhas de força adjacentes. Onde elas estão muito próximas uma da outra, o campo é forte e onde elas mais estão afastadas, o campo é fraco. O campo da Terra é semelhante àquele originado por um dipolo magnético. Como mostra a Figura 8.

O campo magnético em qualquer ponto da superfície da Terra ou no espaço deve ser especificado por três parâmetros, que são: intensidade total, declinação e inclinação. Atualmente os ângulos que direcionam o campo magnético são medidos em graus, minutos e segundos. Anteriormente à aceitação da unidade MKS, a magnitude era dada em unidades de “oersted” (intensidade magnética) ou “gauss” (indução magnética). Porém as medidas do campo eram muito pequenas, portanto, para evitar erros e facilitar, estas passaram a ser feitas na unidade “gamma”, que equivale  $10^{-5}$  “oersted” ou  $10^{-5}$  “gauss” e foi usada para intensidade e indução. Para medir-se a força do campo, é utilizada a medida “tesla” (1 tesla =  $10^4$  gauss) e nanotesla (1 nT =  $10^{-9}$  tesla, que equivale a  $10^{-5}$  gauss). Alguns dos ângulos e componentes comumente empregados são mostrados na Figura 9. A terminologia padrão é a seguinte:

- o vetor campo magnético é o vetor F, sua magnitude F é chamada intensidade total ou campo total;
- a magnitude H do vetor de componente horizontal H é chamada de intensidade horizontal;
- a magnitude Z do vetor de componentes vertical Z é chamada de intensidade vertical;
- as componentes para o norte, o leste e para baixo do campo são designadas pelas magnitudes X, Y e Z respectivamente.

Existem dois pontos onde as linhas de força são verticais. São os pólos magnéticos, distanciados de  $180^\circ$  se o dipolo for colocado no centro da Terra. Os pólos magnéticos distam cerca de  $18^\circ$  dos pólos geográficos. O pólo norte magnético localiza-se nas ilhas ao norte do Canadá e o pólo sul magnético, na Antártida, ao sul da Tasmânia.

### **Origens do Campo Geomagnético**

Considerando-se uma descrição física do campo, um ponto de vista útil para adotar o equilíbrio de energia. Um campo estático representa uma densidade de energia  $B^2/8\pi$ , e qualquer mudança no campo implica uma transferência de energia para ou do campo. Entender o campo então implica identificar as origens da energia e os mecanismos físicos através de que esta energia do campo é gerada. Exceto em casos de resíduos magnéticos

permanentes, um campo magnético é gerado somente pelo movimento macroscópico da carga elétrica, então o passo final em qualquer processo físico relativo ao campo irá envolver correntes elétricas, embora a energia conduzindo as correntes deva ser atraída de várias origens. No presente, as origens terrestre e extraterrestre conhecidas para uma contribuição apreciável para o campo geomagnético são as seguintes:

**1 - Movimento do núcleo:** convencional movimento do fluido condutor nuclear da Terra constitui uma estimulação própria do dínamo.

**2 - Magnetização crostral:** magnetismo residual permanente existente na crosta da Terra.

**3 - Radiação eletromagnética solar:** ventos atmosféricos (produzidos pelo aquecimento solar) deslocam as partículas carregadas (produzidas pela radiação iônica solar); isto constitui uma corrente ionosférica que gera um campo;

**4 - Gravitação:** o campo gravitacional do sol e da lua produz uma movimentação de marés de massas de ar que geram um campo na mesma direção que está o movimento do ar proveniente do aquecimento solar.

**5 - Radiação corpuscular solar e campo interplanetário:** um número de contribuições do campo surgem direta ou indiretamente da interação do vento solar e seu campo magnético com o campo principal da Terra.

## **Metodologia**

### **Descrição do aplicativo usado**

O software usado para realizar esta pesquisa chama-se *Geomagnetic Field Models* (GEOMAG) elaborado pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Ele retorna valores de parâmetros do campo geomagnético a partir de dados de localização fornecidos pelo usuário. O programa contém um arquivo de parâmetros de campo magnético que segue o modelo de Referência Internacional de Campo Geomagnético que serve como padrão para a geração dos dados de saída. Alguns valores de saída do programa podem apresentar alguns erros de aproximação devido aos inúmeros cálculos que são feitos, estes erros podem ser maiores se o microcomputador em que este está sendo executado não tiver co-processador matemático.

Em qualquer ponto, o campo magnético é caracterizado por uma direção e intensidade que possa ser medido. Os pólos geomagnéticos estão localizados numa área onde as linhas de força são perpendiculares à superfície da Terra.

As coordenadas do programa podem ser geodéticas (com origem na superfície da Terra) ou geocêntricas (com origem no centro da Terra), sendo escolhida a coordenada preferencial durante a execução do programa.

O campo magnético da Terra é descrito por sete parâmetros que são mostrados no esquema da Figura 9 com seus respectivos sinais. Eles são:

D → declinação  
I → inclinação  
H → intensidade horizontal  
X → norte  
Y → leste  
Z → intensidade vertical  
F → intensidade total

• Dados de entrada do programa: o programa requer alguns dados para que possa gerar os parâmetros de saída, eles são:

*nome do modelo* - neste estudo está sendo usado o modelo IGRF (International Geomagnetic Reference Field).

*data* - ano de interesse de estudo (dados disponíveis de 1945 até 1995)

*seleção da coordenada* - geodética ou geocêntrica.

*elevação* - altura em quilômetros ou em milhas da linha do campo magnético.

*localização* - são os parâmetros de latitude e longitude do ponto estudado.

• Dados de saída : após fazer os cálculos com os dados fornecidos na entrada e com referência ao modelo IGRF são apresentados os seguintes dados na saída:

**D** - denota declinação, algumas vezes referenciada como variação magnética. É o ângulo que a componente horizontal do vetor campo magnético (H) faz com o norte geográfico (norte real).

→ se D for um ângulo positivo: significa que a componente horizontal do campo está a leste do norte real

→ se D for um ângulo negativo: significa que a componente horizontal do campo está a oeste do norte real

**I** - denota inclinação. A inclinação é um ângulo de medida positiva para baixo, da componente horizontal (H) para o vetor do campo magnético (F).

**H** - é a componente horizontal do vetor de campo magnético. A componente horizontal pode ser vista como a componente do vetor de campo magnético formada pela projeção do vetor do campo total (F) sobre o plano horizontal.

**X** - é a componente do campo magnético medida na direção do norte geográfico. X é considerado positivo ao norte e negativo ao sul.

**Y** - é a componente do campo magnético medida na direção do leste geográfico. Y é considerado positivo quando está a leste e negativo a oeste.

**Z** - é a componente do campo magnético medida na direção para baixo. Z é considerada positiva quando I é positivo, apontando para baixo.

**F** - é o vetor do campo magnético total.

**Observações pertinentes ao software**

1 - Todas as componentes de força do campo magnético representadas estão na unidade nanotesla (nT);

2 - Os elementos angulares (Declinação e Inclinação) estão na unidade de graus e minutos;

3 - O valor de declinação é indefinido na região dos pólos magnéticos. O programa em questão verifica para ver se a componente horizontal é muito pequena, se isto ocorrer significa que o ponto de interesse está próximo do polo magnético. Se isto for verdadeiro o programa retorna um valor de 999 para a declinação;

4 - O programa ainda retorna valores de estimação de variação das componentes do campo magnético por unidade de ano. As taxas de variação angular são mostradas em minutos por ano e as taxas de variação para as componentes de força são mostradas em nanotesla por ano.

**Tela gráfica de apresentação dos dados no software GEOMAG**

**Exemplo:**

Model: DGRF80  
Date: 1980.000  
Elevation: 100.00 K

**Latitude: 3.270**  
**Longitude: -30.000**

---

D	I	H	X	Y	Z	F
(deg)	(deg)	(nT)	(nT)	(nT)	(nT)	(nT)
-19° 34.1'	0° 0'	27431	25847	-9187	0	27431
dD	dI	dH	dX	dY	dZ	dF
(min/yr)	(min/yr)	(nT/yr)	(nT/yr)	(nT/yr)	(nT/yr)	(nT/yr)
3.5	-21.8	-31.1	-19.9	36.8	-173.8	-30.5

---

### **Eletrojato Equatorial**

Sabendo-se que a linha do Eletrojato Equatorial corresponde à linha do campo magnético terrestre onde a sua inclinação é igual a zero, montou-se quatro grupos de coordenadas geográficas, correspondentes aos anos de 1980, 1985, 1990 e 1995, partindo-se da longitude 30°O até 80°O, com intervalos regulares de 5°. Para determinar-se as latitudes correspondentes à linha do Eletrojato Equatorial nesta faixa utilizou-se o software GEOMAG; os resultados, em coordenadas geográficas, são mostrados a seguir:

#### **Ano 1980:**

Latitude: 3,27 N	Latitude: 0,37 N
Longitude: 30° O	Longitude: 35° O
Latitude: 2,77 S	Latitude: 5,87 S
Longitude: 40° O	Longitude: 45° O
Latitude: 8,64 S	Latitude: 10,89 S
Longitude: 50° O	Longitude: 55° O
Latitude: 12,47 S	Latitude: 13,34 S
Longitude: 60° O	Longitude: 65° O
Latitude: 13,53 S	Latitude: 13,14 S
Longitude: 70° O	Longitude: 75° O
Latitude: 12,32 S	
Longitude: 80° O	

#### **Ano 1985:**

Latitude: 4,19 N	Latitude: 1,41 N
Longitude: 30° O	Longitude: 35° O
Latitude: 1,69 S	Latitude: 4,84 S
Longitude: 40° O	Longitude: 45° O
Latitude: 7,73 S	Latitude: 10,14 S
Longitude: 50° O	Longitude: 55° O
Latitude: 11,91 S	Latitude: 12,96 S
Longitude: 60° O	Longitude: 65° O
Latitude: 13,31 S	Latitude: 13,07 S
Longitude: 70° O	Longitude: 75° O
Latitude: 12,36 S	
Longitude: 80° O	

**Ano 1990:**

Latitude: 4,98 N	Latitude: 2,32 N
Longitude: 30° O	Longitude: 35° O
Latitude: 0,71 S	Latitude: 3,87 S
Longitude: 40° O	Longitude: 45° O
Latitude: 6,86 S	Latitude: 9,42 S
Longitude: 50° O	Longitude: 55° O
Latitude: 11,35 S	Latitude: 12,57 S
Longitude: 60° O	Longitude: 65° O
Latitude: 13,09 S	Latitude: 12,98 S
Longitude: 70° O	Longitude: 75° O
Latitude: 12,40 S	
Longitude: 80° O	

**Ano 1995:**

Latitude: 5,73 N	Latitude: 3,20 N
Longitude: 30° O	Longitude: 35° O
Latitude: 0,26 N	Latitude: 2,89 S
Longitude: 40° O	Longitude: 45° O
Latitude: 5,96 S	Latitude: 8,66 S
Longitude: 50° O	Longitude: 55° O
Latitude: 10,78 S	Latitude: 12,18 S
Longitude: 60° O	Longitude: 65° O
Latitude: 12,86 S	Latitude: 12,90 S
Longitude: 70° O	Longitude: 75° O
Latitude: 12,44 S	
Longitude: 80° O	

## Conclusões

O presente estudo possibilitou-me tomar conhecimento do vetor do campo magnético terrestre, através da utilização de um aplicativo importado da NOAA, aprendendo a determinar o valor do campo magnético terrestre, em qualquer mês do ano de 1945 a 1995. É interessante observar que antes deste projeto de pesquisa, esta bolsista não conhecia o campo magnético terrestre e que agora o entende dentro de certos limites, devido a este estágio de IC.

A partir desses estudos, foi possível calcular, nesse estágio, a posição do eletrojato equatorial sobre o território brasileiro. O eletrojato equatorial é uma corrente elétrica que percorre o equador geomagnético no sentido oeste→leste a uma faixa de altura de cerca de 15 km centrada na altura de aproximadamente 105 km, mostrado na Figura 10. Sua extensão na direção afastando-se do equador é de aproximadamente  $\pm 300$  km.

O Brasil é o país que tem a maior extensão do eletrojato equatorial sobre o próprio território. Além disso nenhum outro país do mundo apresenta tanta extensão territorial ao norte e ao sul do eletrojato. Isso faz com que o Brasil seja reconhecido internacionalmente com o país que apresenta as melhores condições para o estudo do eletrojato. Inferimos aqui a configuração do eletrojato equatorial sobre o território brasileiro para diversos anos, Figura 11.

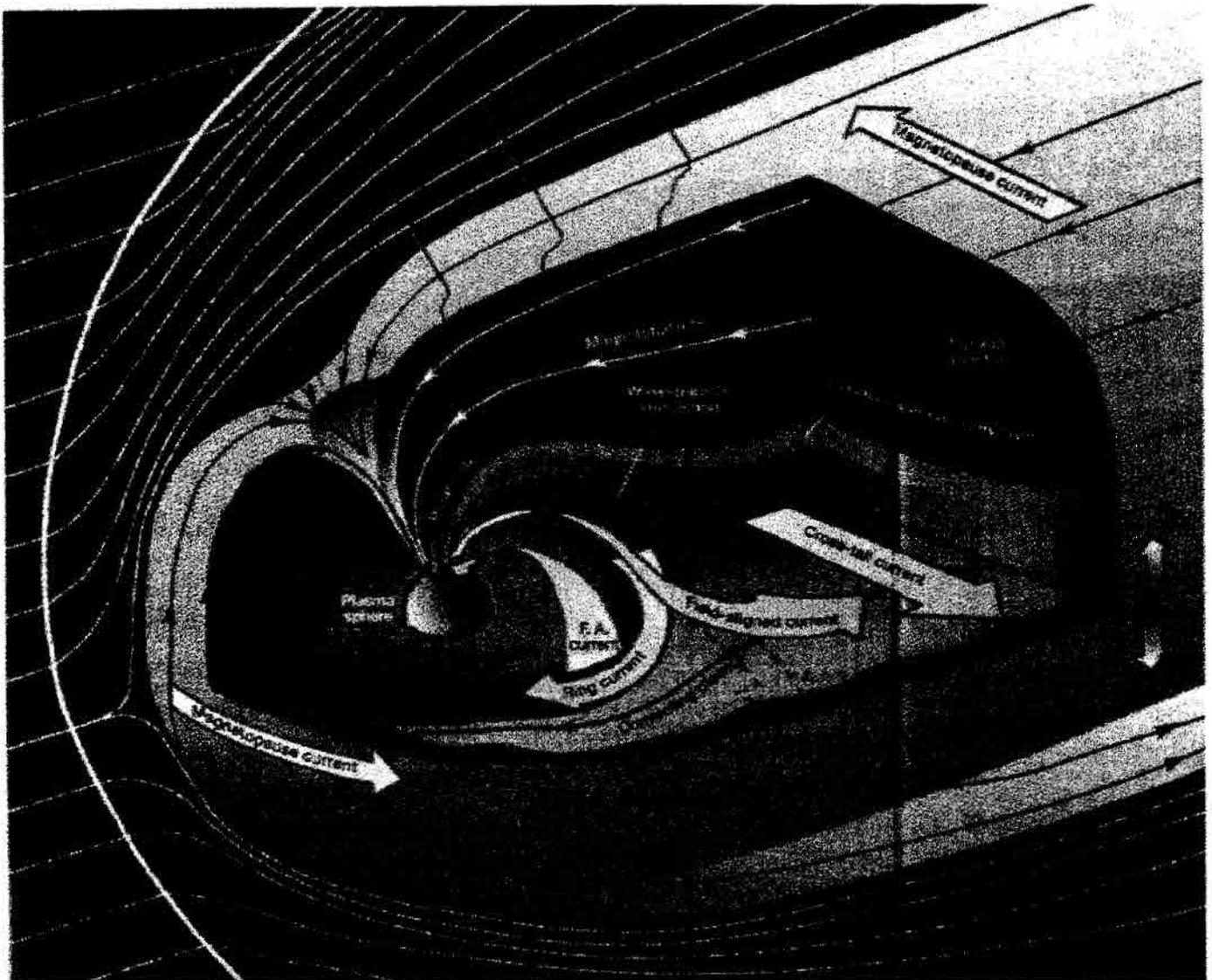
### 3 ♦ Atividades extras de pesquisa

Além dos objetivos científicos específicos acima citados, o presente estágio envolveu também algumas atividades técnico científicas extras dentre as quais se destaca a confecção de imagens de foguetes utilizando-se um *scanner* colorido de 600 dpi (pontos por polegada) emprestado pela divisão de Geofísica Espacial do INPE, onde foram gastas aproximadamente 10 horas de trabalho.

  
\_\_\_\_\_  
**Adriana Bustamante Nascimento**  
*Bolsista*

Visto do Orientador:

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. José H. A. Sobral**



**Figura 1** - A magnetosfera terrestre e sua dinâmica. A figura mostra a cavidade magnetosférica envolvida aerodinamicamente pelo fluxo do plasma. Pode-se observar as diversas topologias do campo magnético nas vizinhanças da Terra, as regiões de plasma e correntes elétricas magnetosféricas.

OBSERVAÇÃO DO AIRGLOW

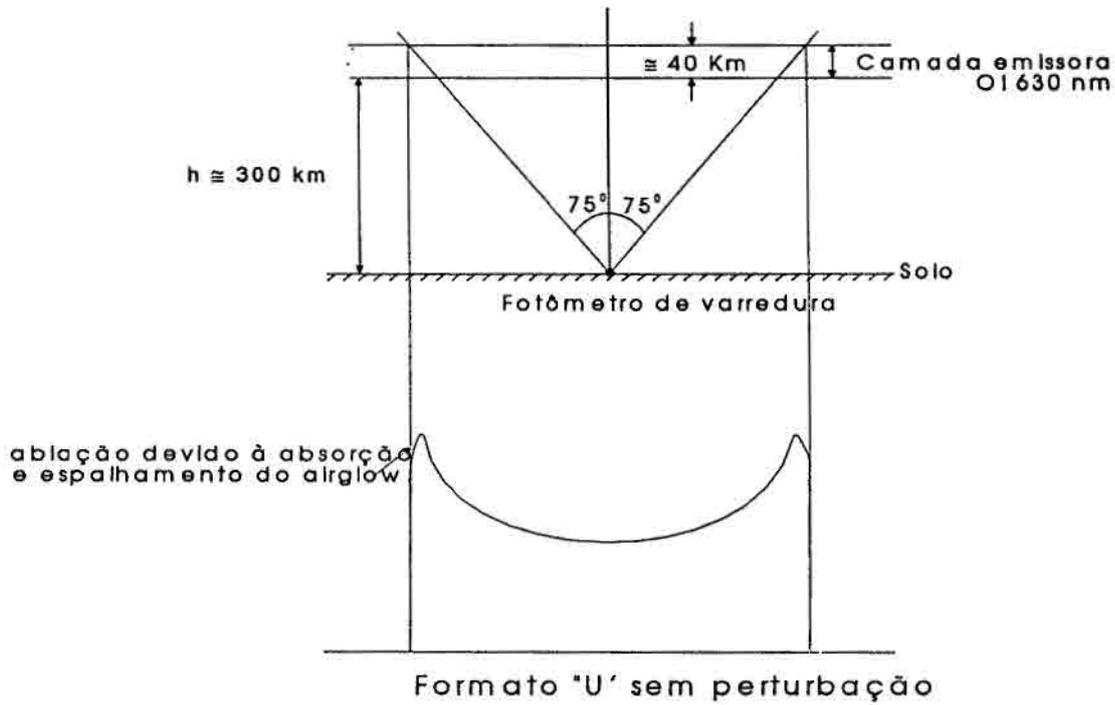


Figura 2.1

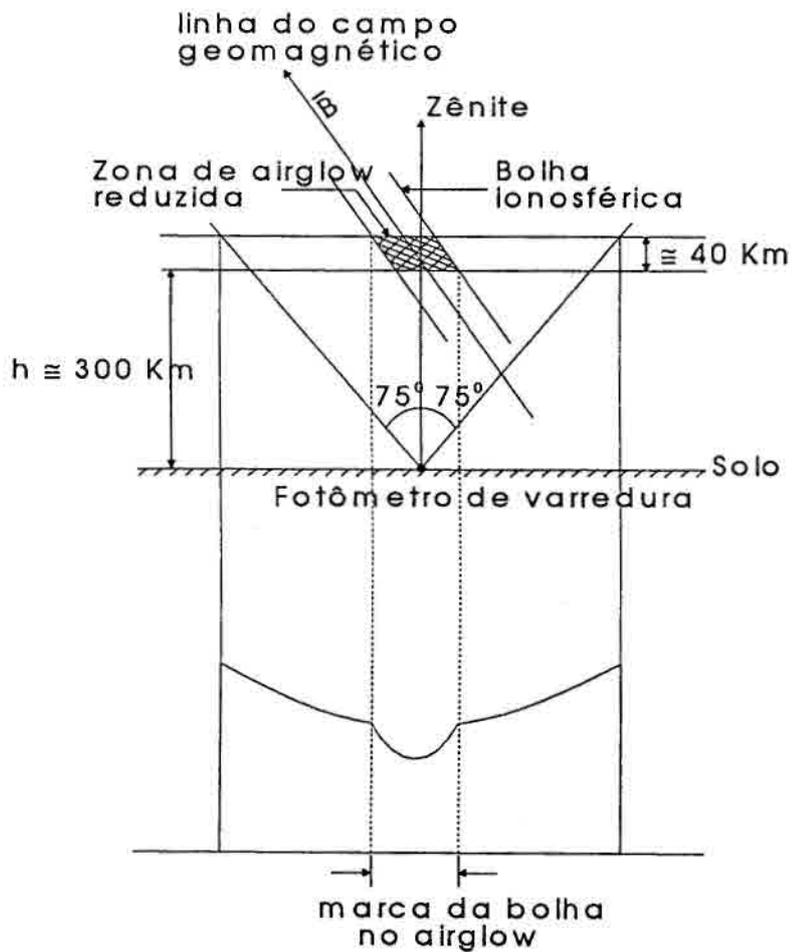
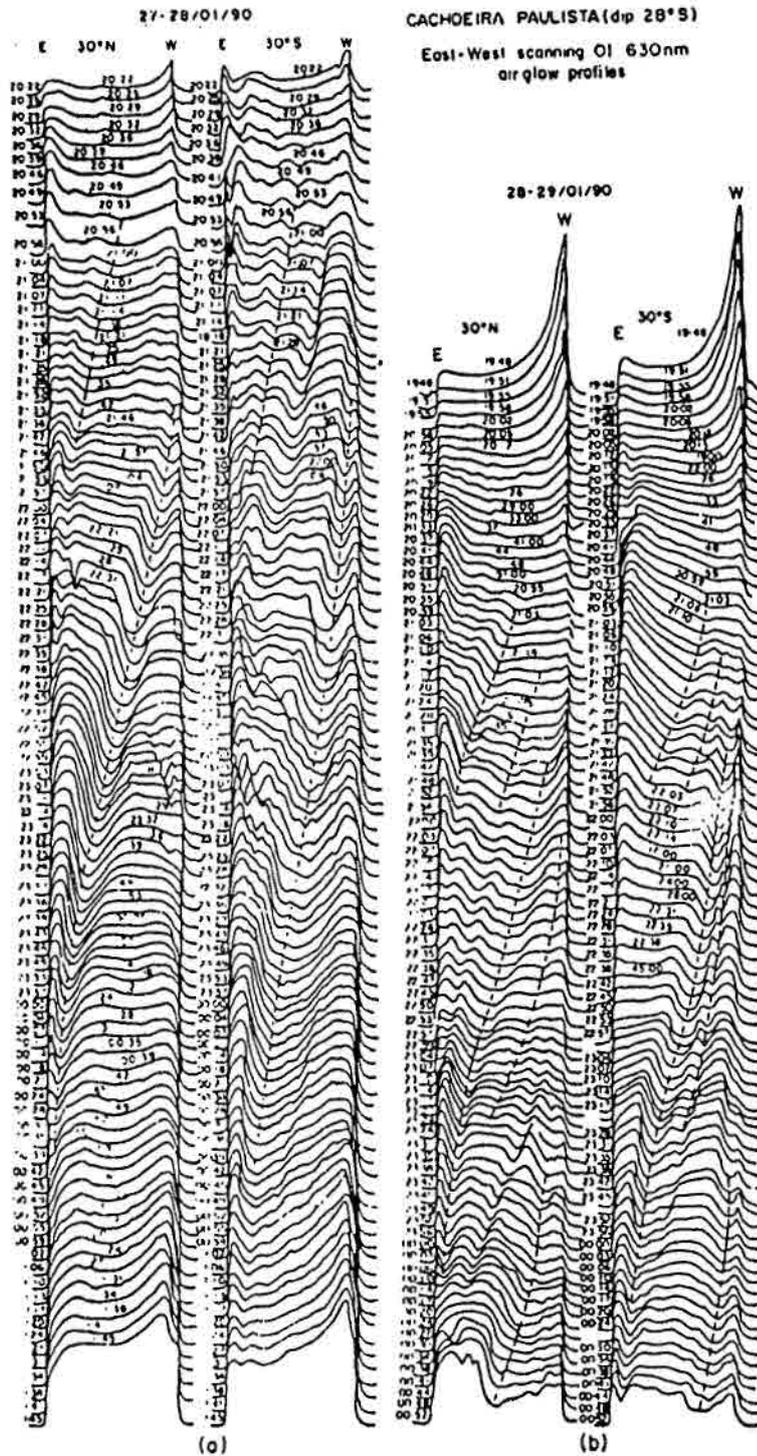


Figura 2.2



**Figura 3** - Os mosaicos são superposições de perfis de varreduras fotométricas leste-oeste. Cada varredura mostrada cobre um distância zenital de +/- 75° e cada ponto da varredura representa a amplitude do sinal.

DIAS MAIS PERTURBADOS E MAIS QUIETOS  
DO PERÍODO DE ATIVIDADE SOLAR MÁXIMA

MÊS DE MARÇO

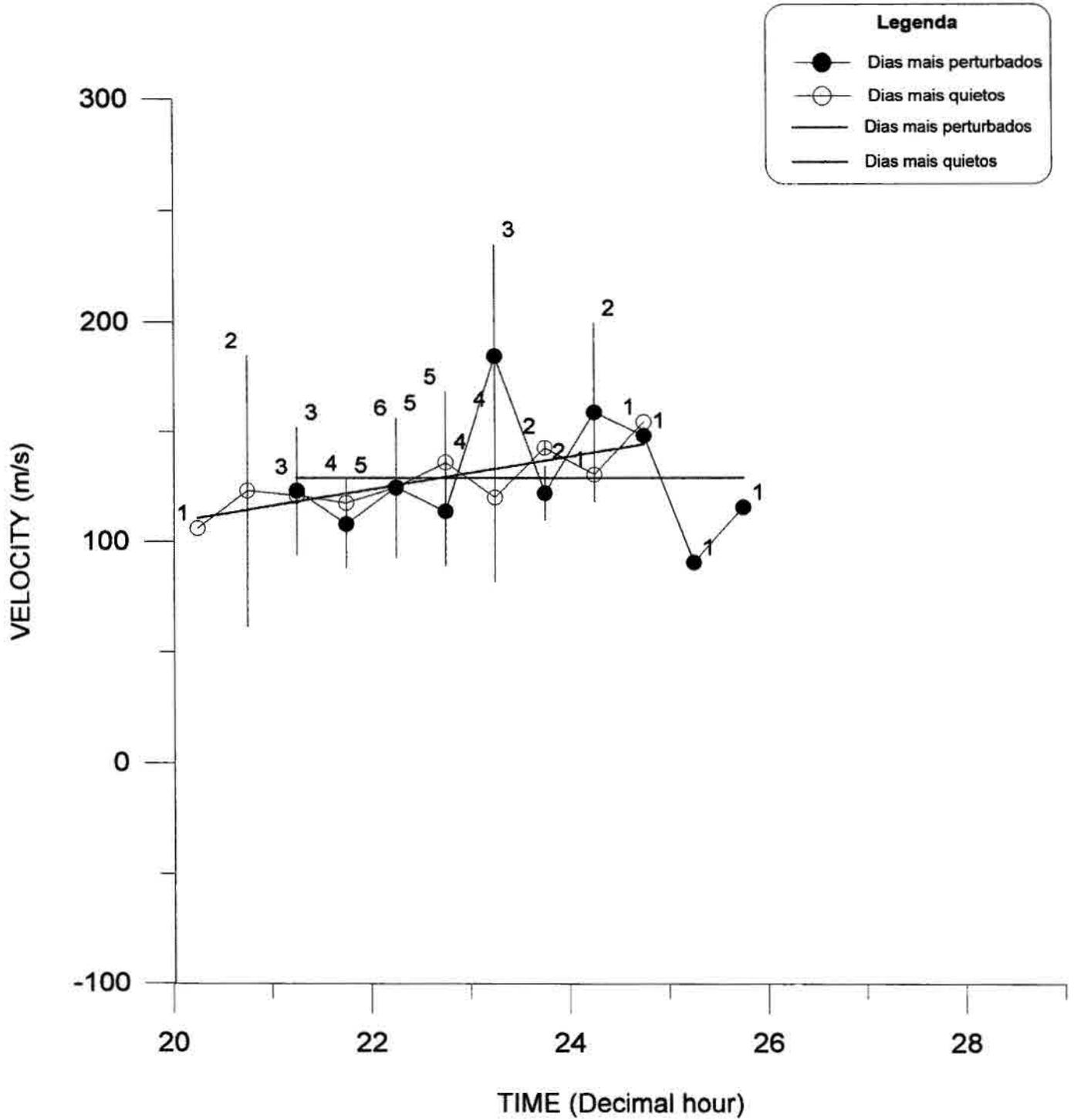


Figura 4

DIAS MAIS PERTURBADOS E MAIS QUIETOS DO PERÍODO DE ATIVIDADE SOLAR MÍNIMA

MÊS DE MARÇO

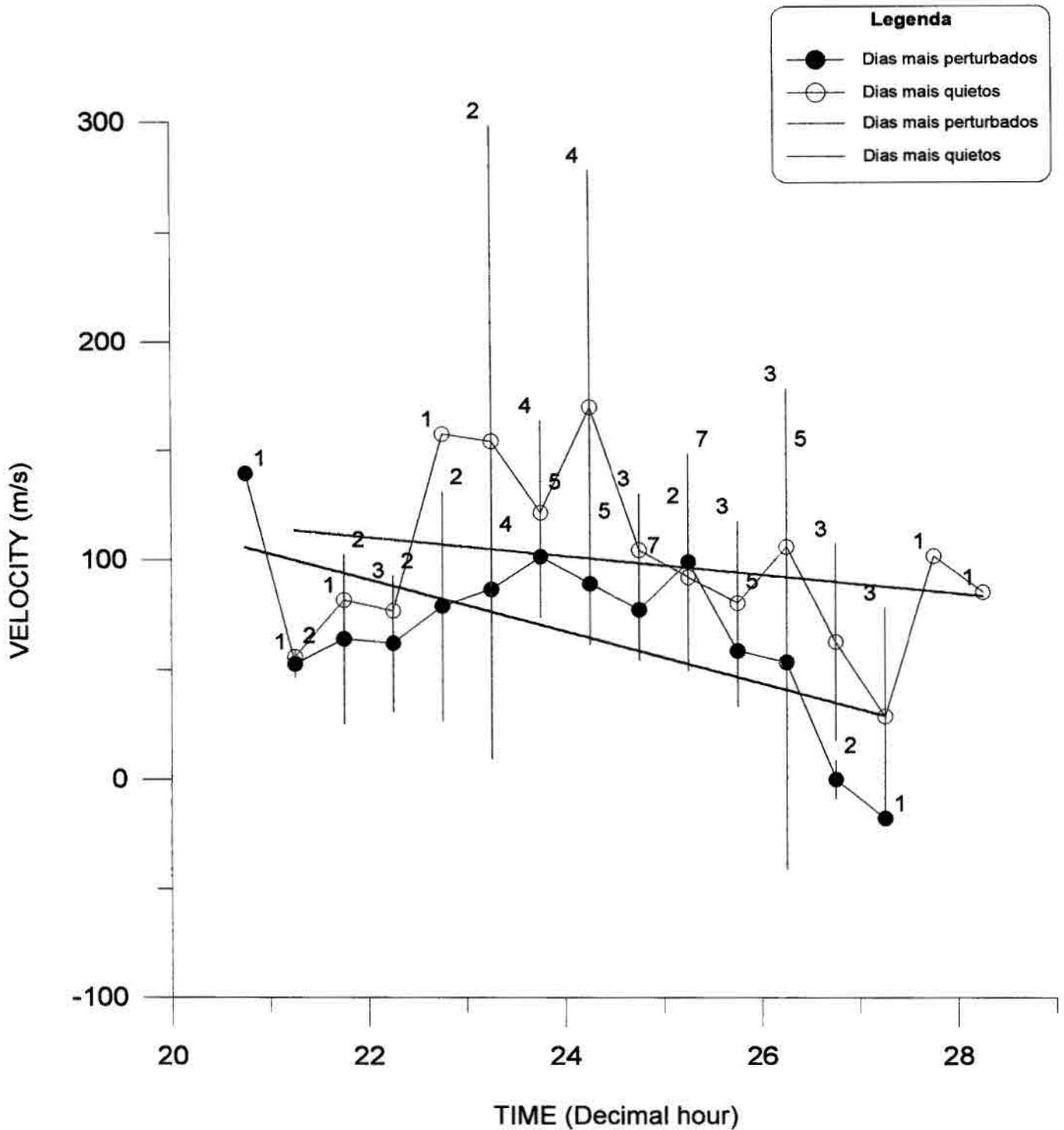


Figura 5

DIAS MAIS PERTUBADOS E MAIS QUIETOS  
DO PERÍODO DE ATIVIDADE SOLAR MÁXIMA

MÊS DE OUTUBRO

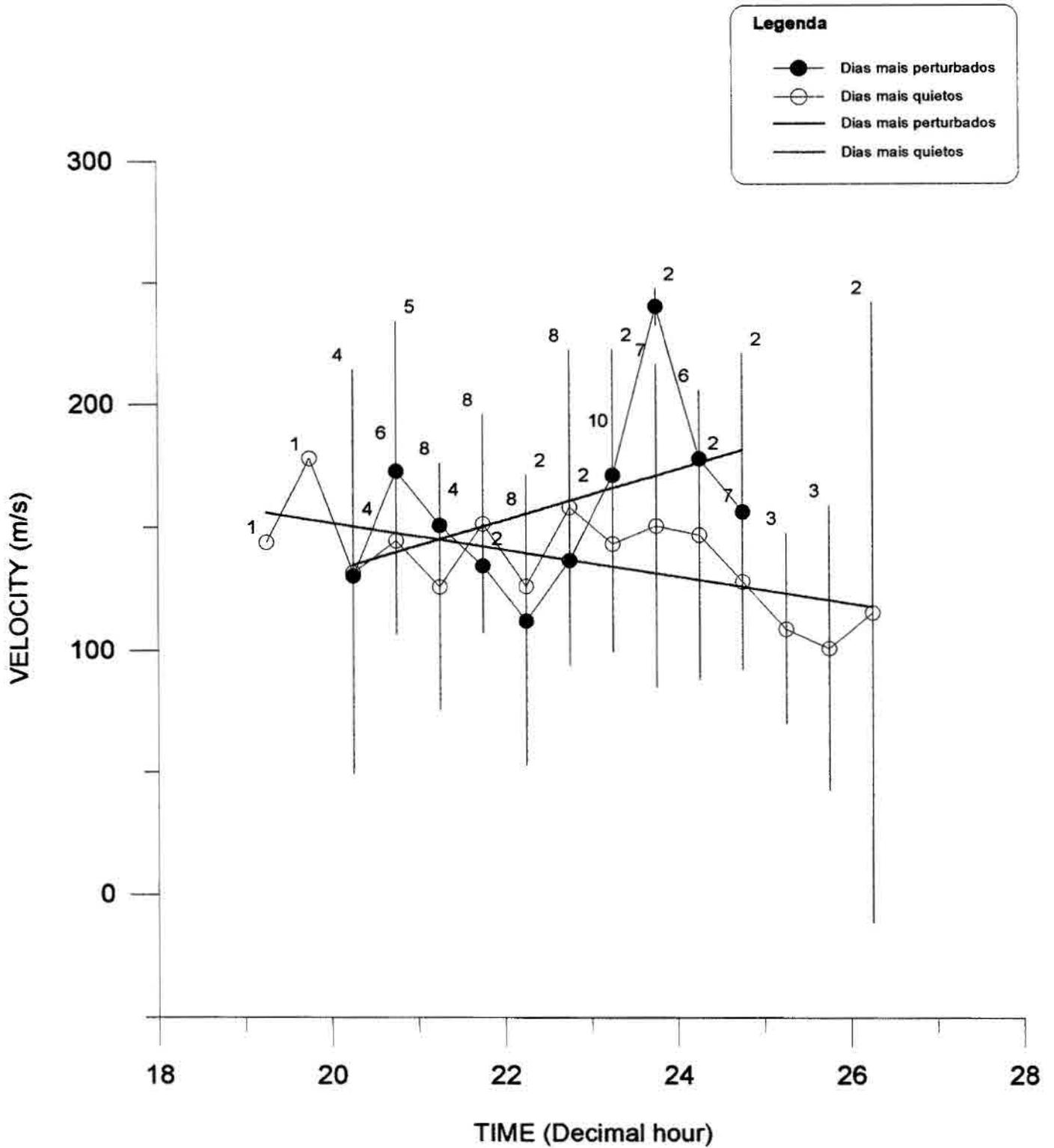


Figura 6

DIAS MAIS PERTURBADOS E MAIS QUIETOS  
DO PERÍODO DE ATIVIDADE SOLAR MÍNIMA

MÊS DE OUTUBRO

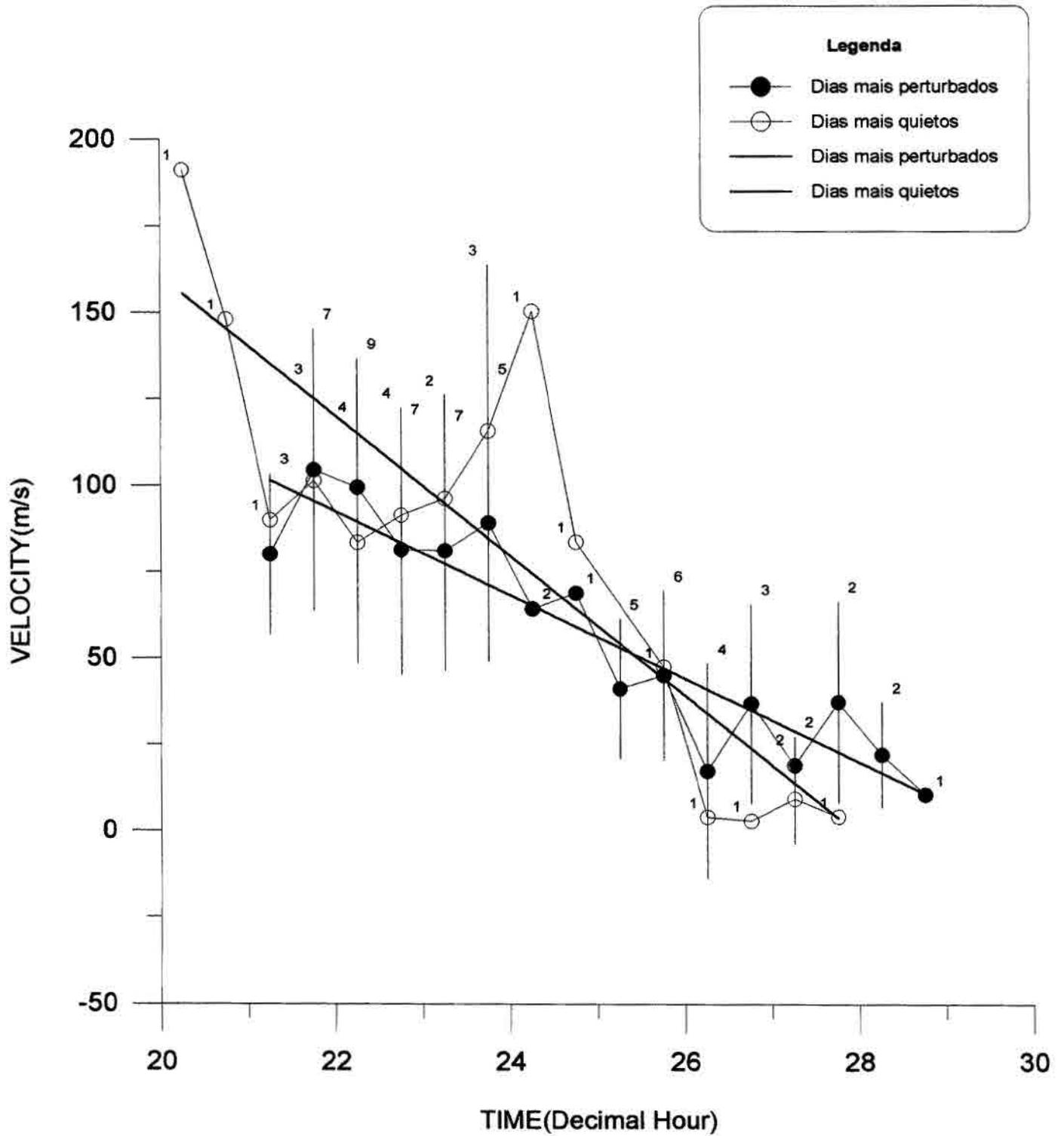


Figura 7

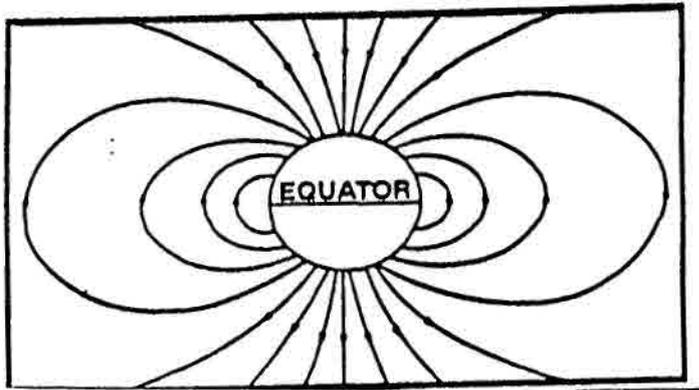


Figura 8 - Dipolo magnético terrestre

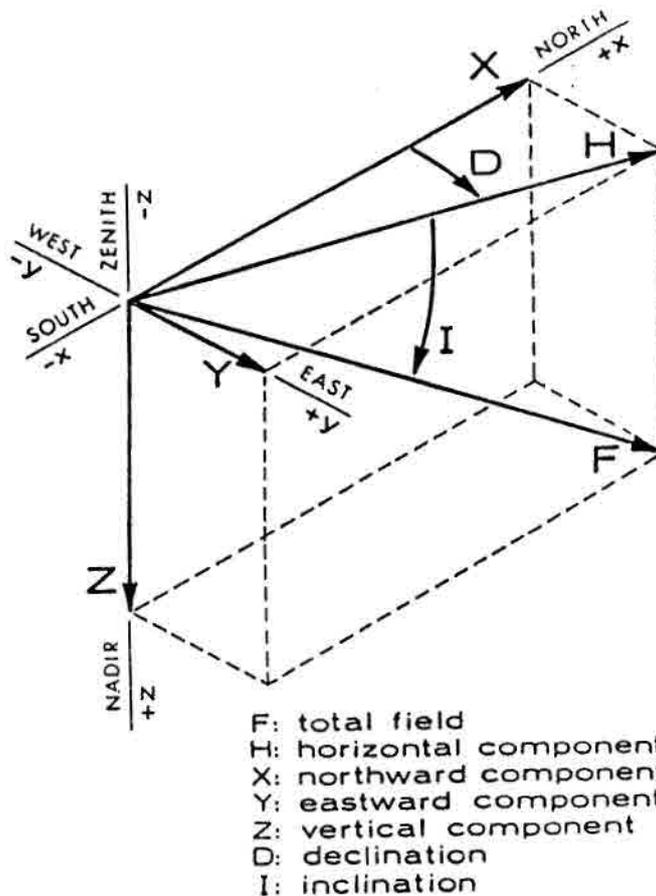
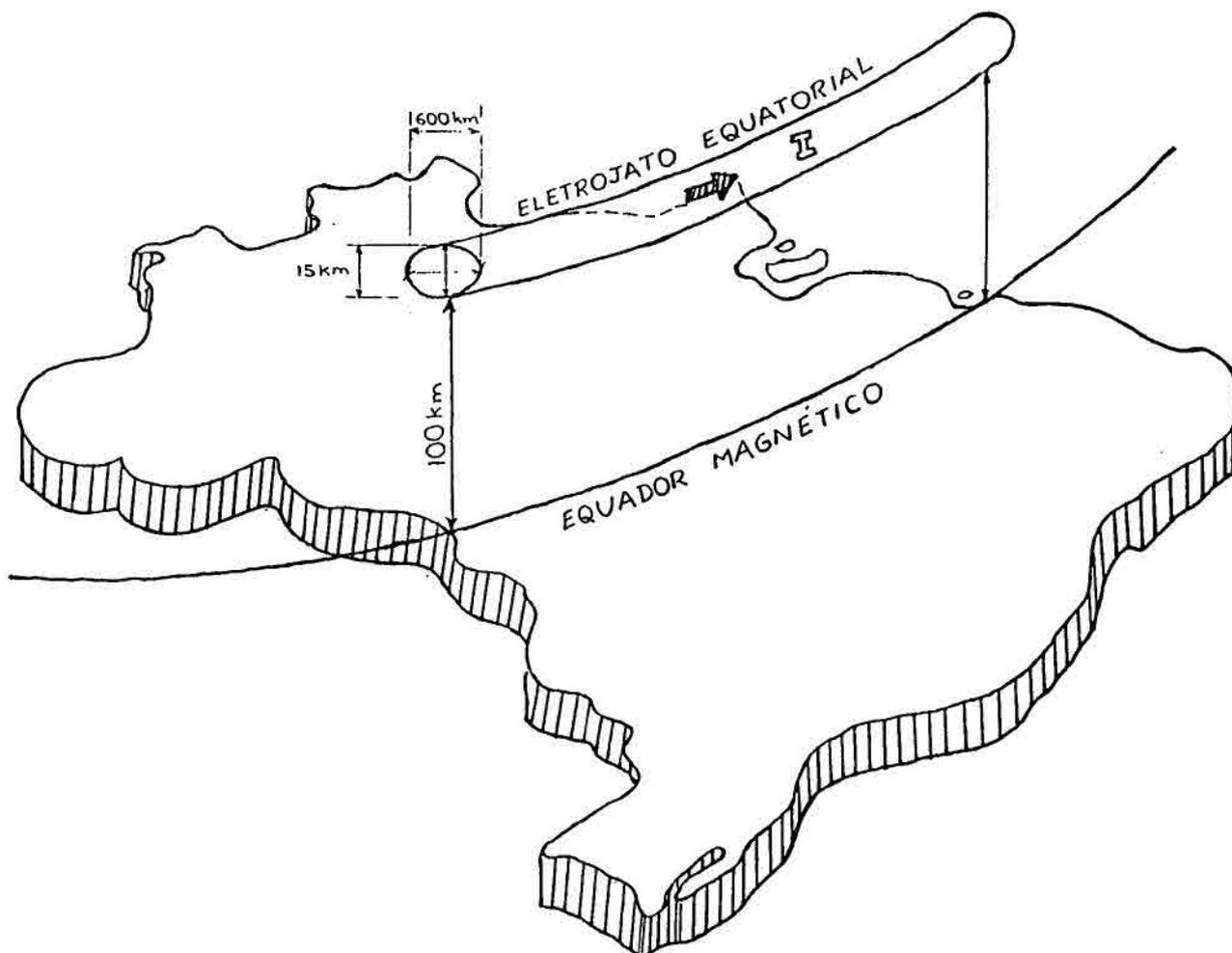
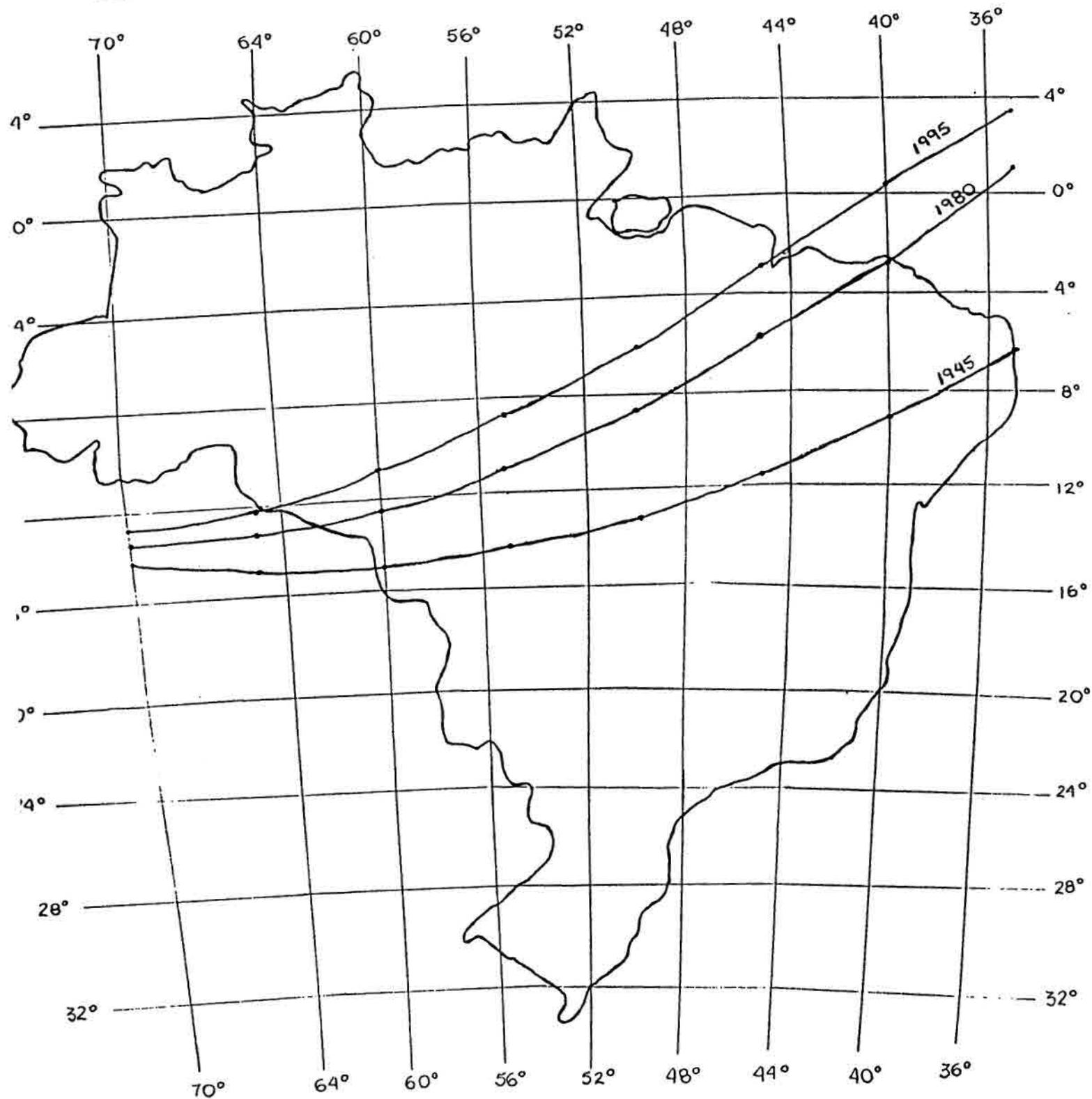


Figura 9 - Definição e sinais convencionais para elementos magnéticos. A figura mostra ângulos e componentes empregados na terminologia padrão do campo magnético e seus respectivos sinais.



**Figura 10** - Representação idealizada do Eletrojato Equatorial sobre o território brasileiro



**Figura 11** - Configuração do Eletrojato Equatorial sobre o território brasileiro para os anos de 1945, 1980 e 1995.