



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE/MCT  
CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – GRSPE/INPE - MCT  
OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL – OES/CRSPE/INPE - MCT



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA – UFSM/MEC  
LABORATÓRIO DE CIÊNCIAS ESPACIAIS DE SANTA MARIA – LACESM/CT/UFSM  
PARCERIA: INPE/MCT – UFSM/MEC

## IDENTIFICAÇÃO DAS ORIGENS INTERPLANETÁRIAS DAS TEMPESTADES GEOMAGNÉTICAS INTENSAS ( DST < -100nT ) DE 22 DE OUTUBRO DE 1999 E 6 DE ABRIL DE 2000.

Jairo F. Savjan<sup>(1,2)</sup>, Mários R. da Silva<sup>(3)</sup>, Marcos R. Signori<sup>(1,2)</sup>, Vânia F. Andrioli<sup>(1,2)</sup>, Sílvia Buchner<sup>(1,2)</sup>, Alisson Dal Lago<sup>(4,5)</sup>, Luiz Eduardo Vieira<sup>(4,5)</sup>, Ezequiel Echer<sup>(3)</sup>, K. Munakata<sup>(5)</sup>, Walter D. Gonzalez<sup>(3)</sup>, Nelson J. Schuch<sup>(1)</sup>

- (1) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - Santa Maria - RS, Brasil - Contato: savjan@lacesm.ufsm.br ;  
(2) Universidade Federal de Santa Maria – Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - Santa Maria - RS, Brasil ;  
(3) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Divisão de Geofísica Espacial - São José dos Campos - SP, Brasil ;  
(4) Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, SP, Brasil ;  
(5) Physics Dept., Shirshu University, Nagano, JAPAN.

### RESUMO

As características das emissões solares relacionam-se à sua atividade. O aspecto mais marcante da atividade solar é o ciclo de 11 anos, passando por um mínimo e um máximo, onde o número de manchas solares cresce ocorrendo um aumento dos fenômenos energéticos a elas associados, como os "flares" e as Ejeções Coronais de Massa (CME), que por sua vez estão relacionadas às Tempestades Geomagnéticas na Terra. As Tempestades Geomagnéticas caracterizam-se pelo decréscimo na componente H, horizontal, do Campo Magnético Terrestre. O decréscimo atribui-se a um aumento da população de partículas aprisionadas na Magnetosfera, intensificando a chamada "Corrente de Anel". Estas tempestades estão associadas às estruturas interplanetárias cuja componente do Campo Magnético Interplanetário, na direção z (B<sub>z</sub>), esteja para o Sul, ou seja, antiparalela à direção do Campo Magnético Terrestre. Assim, o Campo Magnético Interplanetário interconecta-se com o campo geomagnético ocorrendo um transporte efetivo de energia para dentro da Magnetosfera. A Tempestade Magnética caracteriza-se por três fases: fase inicial, identificada por um salto dos campos físicos do Meio Interplanetário; fase principal, caracterizado por um alto decréscimo do índice Dst e fase de recuperação, onde os campos físicos voltam aos seus valores iniciais. O objetivo deste trabalho é identificar a origem das Tempestades Geomagnéticas intensas (Dst < -100nT), dos dias 22 de outubro de 1999 e 6 de abril de 2000. Foram utilizados dados dos parâmetros interplanetários como: plasma (velocidade do Vento Solar, densidade e temperatura de prótons), Campo Magnético Interplanetário (componentes B<sub>x</sub>, B<sub>y</sub>, B<sub>z</sub>), provenientes dos satélites WIND e ACE e do índice Dst para a identificação das tempestades. O monitoramento destes parâmetros é de significativa importância para um melhor entendimento da variabilidade do Clima Espacial, propiciando informações a respeito das condições do Meio Interplanetário, atividade solar e o possível desenvolvimento de Tempestades Geomagnéticas, cujos efeitos podem ser sentidos no meio-ambiente terrestre.

### INTRODUÇÃO

As Tempestades Geomagnéticas constituem um dos principais processos do Clima Espacial. Os estudos realizados têm sido de crucial importância devido aos seus efeitos observados na Terra, tais como: a aceleração de partículas carregadas, intensidade de correntes elétricas no espaço e na superfície terrestre, ocorrência de auroras nos pólos, prejuízos causados em telecomunicações, sistemas de navegação, órbita de satélites, oleodutos, exploração de recursos minerais, sistemas de fornecimento de energia, sistemas biológicos e danos das radiações colocando em risco a vida de astronautas durante missões no espaço



### DADOS

A previsão do Clima Espacial é feita através de instrumentos a bordo de satélites ou em Terra, exemplo disso são os satélites ACE, WIND e IMP-8. Estes satélites possuem a bordo instrumentos como: Espectrômetro de Raios Cósmicos, Espectrômetro Solar, Espectrômetro Ultra de Baixas Energias, Analisador de Partículas Energéticas Solares, Espectrômetro de Vento Solar, Monitor de Prótons, Elétrons e Partículas Alfa, Magnetômetro. A previsão das Tempestades Geomagnéticas feita pelo satélite ACE é de cerca de 1 a 2 horas de antecedência. A Rede Internacional de Detectores de Muons, constituída pelos detectores de Nagoya - Japão -, Hobart - Austrália - e o detector protótipo localizado em São Martinho da Serra - Brasil -, auxilia na previsão do Clima Espacial, podendo prever as Tempestades Geomagnéticas com uma Antecedência de 8 a 12 horas - Munakata et al. 2000 -. Os dados dos satélites estão disponíveis através do sistema CDA - Coordinate Data Analysis - do programa ISTP - International Solar-Terrestrial Physics -.

### ANÁLISE DA TEMPESTADE GEOMAGNÉTICA DE 22 DE OUTUBRO DE 1999

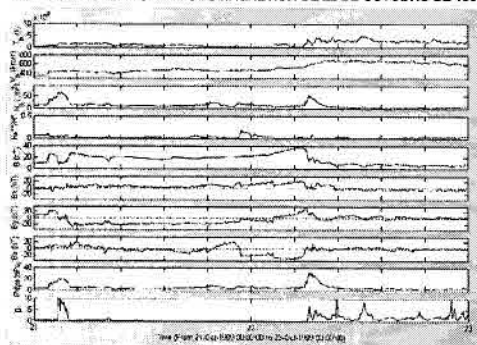


FIGURA 1



<http://swdwww.kugi.kyoto-u.ac.jp/dstdir/>

### ANÁLISE DA TEMPESTADE GEOMAGNÉTICA DE 6 DE ABRIL DE 2000

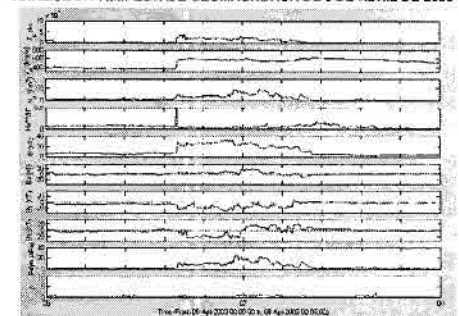
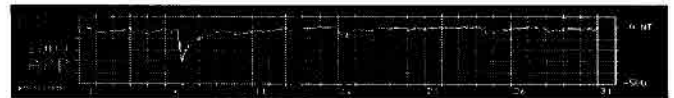


FIGURA 2



<http://swdwww.kugi.kyoto-u.ac.jp/dstdir/>

### RESULTADOS E CONCLUSÕES

A Figura 1 mostra os parâmetros do Meio Interplanetário observados pelo satélite ACE em 22 de abril de 1999. Esta tempestade foi causada por uma ejeção, como é caracterizado pelo aumento da componente B(nT). O aumento súbito da temperatura de prótons, densidade numérica e velocidade do Vento Solar e campo magnético caracteriza uma onda de choque logo a frente dessa ejeção. No início do dia 22, observou-se um feixe rápido seguindo a ejeção. É possível que a interação entre este feixe rápido e a ejeção tenha causado a tempestade. A Figura 2 mostra as variações temporais de uma estrutura do Meio Interplanetário observada pelo satélite ACE em 6 de abril de 2000. Uma onda de choque se caracteriza pelo aumento súbito do Campo Magnético Interplanetário, aumento na temperatura de prótons, aumento na velocidade do Vento Solar. Esta onda de choque não estava acompanhada de uma ejeção (nuvem magnética), indicando que possivelmente a Terra não estava em rota de colisão com a ejeção, apenas com o choque por ela produzido. Esta onda de choque comprimiu e intensificou o campo magnético existente no Vento Solar, o qual por estar apontado na direção Z negativa, causou a tempestade, conforme vimos pelo índice Dst. Portanto, neste trabalho foi feita a análise e a identificação das estruturas causadoras das Tempestades Geomagnéticas intensas dos dias 22 de outubro de 1999 e 6 de abril de 2000.

### AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao pessoal de operação das missão ACE, bem como o pessoal de operação da Universidade de Kyoto, por fornecerem os dados interplanetários e de superfície utilizados neste trabalho. Dados de campo magnético interplanetário e de plasma do satélite ACE são cortesia de N. Ness (Bartol Research Institute) e D. J. McComas (SWRI), através do sistema do ISTP-CDASWeb, e dados do índice Dst são cortesia de WDC-Kyoto. Os autores gostariam igualmente de agradecer ao Programa PIBIC do CNPq e ao programa PET da CAPES pelas bolsas de iniciação científica, e à FAPESP pelos programas de pós-doutoramento, processos 02/14150-0 e 02/12723-2.

### REFERÊNCIAS

- Gonzalez, W.D.; Tsurutani, B.T.; *Criteria of interplanetary causing intense magnetic storms(Dst<-100nT)*. Planet Space Sci, v.35, n.9, p.1101-1109, Jul.1987.  
Gonzalez, W. D.; Tsurutani, B. T.; Clua de Gonzalez, A. L. *Interplanetary origin of geomagnetic storms*. Space Sci. Rev. v.88, p.529-562, 1999.  
Gonzalez, W. D.; Josefy, J. A.; Kamide, Y.; Kroehl, H. W.; Rostoker, G.; Tsurutani, B. T.; e Vasyliunas, V. M. *What is a magnetic storm?* J. Geophys. Res., v.99, n.A4, p.5771-5792, Apr. 1994.  
Dal Lago A. *Estudo de nuvens magnéticas geoefetivas no meio interplanetário*. São José dos Campos, 112 p. (INPE-7263-TD/705. Tese (Mostrado em Geofísica Espacial) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1999.