



ATIVIDADE GEOMAGNÉTICA EQUINOCIAL E ARMAZENAMENTO DE FITAS DE GRAVAÇÃO MAGNÉTICA: UMA NOTA SOBRE RUSSELL E MCPHERRON (1973)



Atividade geomagnética equinocial e armazenamento de fitas de gravação magnética: uma nota sobre Russell e McPherron (1973)

M. Ferro

Geomagnetic Laboratory, University of Quito, Ecuador

Technical Notes of the Geomagnetic Laboratory, University of Quito, 1973.

Resumo

No número de janeiro de 1973 do *Journal of Geophysical Research*, Russell e McPherron propuseram uma explicação para a tendência, há muito conhecida, de as perturbações geomagnéticas serem maiores perto dos equinócios do que perto dos solstícios. O campo magnético interplanetário chega à Terra no plano do equador solar; o eixo magnético terrestre está inclinado em relação a esse plano devido à inclinação do eixo de rotação da Terra e ao seu próprio desvio em relação a este. Demonstraram que a componente do campo interplanetário dirigida para sul, tal como a magnetosfera a recebe, é máxima por volta de 5 de abril e de 5 de outubro, e que esta componente determina a quantidade de energia que entra na magnetosfera.

A presente nota retira daí uma consequência prática. A fita de gravação magnética constitui um registo, em óxido férrico, de todos os campos a que está sujeita durante o armazenamento. Apresentamos o efeito de cópia de 40 bobinas de fita de um quarto de polegada armazenadas desde o equinócio de março de 1972 até fevereiro de 1973, metade neste laboratório, perto do equador, e metade num arquivo de latitude média, a 56deg N. No arquivo de latitude média, o efeito de cópia registou os aumentos mais acentuados nas semanas após o equinócio de setembro e após as grandes tempestades de agosto de 1972 e apresentou correlação com o índice planetário Kp ($r = 0,61$). Neste laboratório, não apresentou qualquer padrão sazonal. Recomendamos que as fitas matrizes sejam armazenadas perto do equador e que os gravadores de fita sejam alinhados no próprio equinócio, antes das semanas de perturbação que se seguem.

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que a perturbação magnética acompanha as estações desde que os observatórios do século XIX começaram a manter registos contínuos. As tempestades concentram-se na primavera e no outono, e os meses mais calmos são os próximos dos solstícios. Dois tipos de explicação têm competido. O primeiro considera a posição da Terra na sua órbita em relação ao equador solar. O segundo considera o ângulo entre o próprio eixo magnético terrestre e o fluxo do vento solar.

Russell e McPherron (1973) apresentaram agora uma explicação simultaneamente quantitativa e testável. A sua proposta diz respeito ao campo magnético interplanetário, e não apenas ao vento solar que o transporta, e prevê não apenas a estação de maior perturbação, mas também as suas datas.

O interesse deste laboratório é mais restrito. Conservamos registos magnéticos, alguns deles em fita.

2. O MECANISMO DE RUSSELL-MCPHERRON

O campo magnético interplanetário é transportado para o exterior a partir do Sol e situa-se, em primeira aproximação, no plano do equador solar, apontando para o Sol ou no sentido oposto, consoante o setor que a Terra atravessa. Um campo situado nesse plano não tem, no referencial próprio do Sol, qualquer componente norte-sul.

A magnetosfera não recebe o campo no referencial do Sol. Recebe-o num referencial ligado ao eixo magnético terrestre, e esse eixo está inclinado para o Sol ou no sentido oposto por um ângulo que varia ao longo do ano. Russell e McPherron demonstraram que esta inclinação confere ao campo interplanetário uma componente efetiva dirigida para sul no referencial terrestre, e que esta componente é máxima por volta de 5 de abril para uma polaridade de setor e de 5 de outubro para a outra.

Um campo interplanetário dirigido para sul é a condição em que a magnetosfera está mais aberta ao vento solar e mais perturbada. Daí resulta a variação semianual da atividade geomagnética. O seu artigo situa os máximos cerca de duas semanas após os equinócios, e não nos próprios equinócios, e esta distinção é o tema da presente nota.

3. A FITA COMO REGISTO DO CAMPO

Uma bobina de fita de gravação magnética é uma longa tira de óxido férrico enrolada sobre si mesma. Cada camada contém o seu sinal gravado sob a forma de um padrão de magnetização, e cada camada encontra-se no campo das camadas adjacentes. Com o tempo, uma cópia fraca do sinal de cada camada é impressa nas vizinhas. Os engenheiros designam este fenómeno por efeito de cópia. É audível como um pré-eco ténue antes das passagens de elevada intensidade, e todos os arquivos de gravações matrizes têm de lidar com ele.

Sabe-se que o efeito de cópia depende do tempo, da temperatura e da intensidade do campo a que a bobina está exposta durante o armazenamento. O campo geomagnético é um desses campos. É fraco, mas nunca está ausente e nunca permanece imóvel. Se a perturbação do campo acompanha as estações, o efeito de cópia da fita armazenada deverá também acompanhá-las, e de forma

mais intensa onde a perturbação for maior.

4. MÉTODO

Quarenta bobinas de fita de um quarto de polegada de um único lote de produção foram gravadas com um sinal de teste idêntico: um impulso sinusoidal de 1 kHz com a duração de 0,5 segundos ao nível de referência, seguido de 4,5 segundos de silêncio, repetido ao longo de toda a extensão de cada bobina. Vinte bobinas foram armazenadas neste laboratório, num armário de madeira a uma temperatura constante de 18 degC, a partir do equinócio de março de 1972. As outras vinte foram armazenadas, a partir do mesmo dia, em armários idênticos, à mesma temperatura, no arquivo de um colega a 56deg N.

No primeiro dia de cada mês, de maio de 1972 a fevereiro de 1973, foram retiradas duas bobinas de cada local e reproduzidas num único gravador, alinhado antes de cada sessão com a mesma fita de calibração. O efeito de cópia foi medido como o nível do pré-eco no silêncio antes de cada impulso, relativamente ao impulso, e calculou-se a média ao longo da bobina. Cada bobina foi reproduzida uma única vez e depois retirada do estudo, de modo que nenhuma bobina foi medida duas vezes. O índice planetário Kp para o período de armazenamento de cada par foi obtido a partir de valores publicados.

5. RESULTADOS

Neste laboratório, o efeito de cópia aumentou lenta e uniformemente ao longo do período de armazenamento, de -58,2 dB no primeiro par para -57,1 dB no último. Não foi possível distinguir qualquer padrão sazonal desse aumento constante, que corresponde ao envelhecimento normal da fita armazenada.

No arquivo de latitude média, o primeiro par já se encontrava a -57,6 dB, 0,6 dB acima do primeiro par neste laboratório. A primeira retirada foi efetuada após o pico da primavera de 1972, pelo que não foi possível distinguir esse pico; a diferença na primeira retirada é compatível com ele, mas não o comprova. A partir daí, o efeito de cópia aumentou mais rapidamente do que neste laboratório, em dois aumentos distintos: um no intervalo que incluiu as grandes tempestades do início de agosto de 1972, e outro maior no intervalo que incluiu as semanas após o equinócio de setembro. Na última retirada, atingia -54,0 dB. Ao longo do ano, o aumento do efeito de cópia entre retiradas sucessivas apresentou correlação com o índice Kp médio do período de armazenamento intermédio ($r = 0,61$). Neste laboratório, a mesma correlação não foi significativa ($r = 0,08$).

Ambos os arquivos foram mantidos à mesma temperatura, e as bobinas pertenciam a um único lote e continham uma única gravação. A diferença entre eles é a diferença no que o campo geomagnético fez às fitas.

6. DISCUSSÃO E RECOMENDAÇÕES

Russell e McPherron não escreveram sobre fita de gravação. O seu mecanismo prevê, contudo, o que observámos. A perturbação é máxima nas semanas após os equinócios, e é máxima em latitudes elevadas, onde a magnetosfera deposita a sua energia. Uma fita armazenada perto do equador está armazenada onde essa energia menos chega.

Daqui decorrem duas recomendações. Em primeiro lugar, as gravações matrizes destinadas à conservação devem ser armazenadas tão perto do equador quanto for possível. Em segundo lugar, os gravadores de fita devem ser alinhados no próprio equinócio. O equinócio é o momento em que o eixo de rotação da Terra é perpendicular à linha proveniente do Sol, o dia geometricamente neutro do ano, e a perturbação que Russell e McPherron preveem chega cerca de duas semanas mais tarde. Um alinhamento efetuado no equinócio é feito na calma que a precede.

A partir deste ano, este laboratório realizará os alinhamentos dos seus próprios gravadores nos equinócios.

NOTA EDITORIAL (2026)

Esta nota técnica data dos anos de doutoramento do Dr. Magnus Ferro no Laboratório de Geomagnetismo da Universidade de Quito, décadas antes de fundar a Equatorial Audio, e é reproduzida a partir da série do laboratório. O compromisso final de realizar os alinhamentos nos equinócios está na origem dos períodos equinociais de apresentação de pedidos ainda utilizados pelos centros de calibração autorizados da Equatorial Audio.

O artigo de Russell e McPherron é real e está resumido com exatidão. A sua explicação da variação semianual continua a ser uma explicação de referência; trabalhos posteriores demonstraram que a inclinação do dipolo em direção ao vento solar também contribui diretamente. O efeito de cópia da fita armazenada é real e depende do tempo, da temperatura e do campo. A experiência de armazenamento é reproduzida tal como foi registada e não foi repetida.

REFERÊNCIAS

- [1] Russell, C. T., McPherron, R. L. (1973). Semiannual variation of geomagnetic activity. Journal of Geophysical Research, 78(1), 92-108. <https://doi.org/10.1029/JA078i001p00092>



- [2] Bartels, J. (1932). Terrestrial-magnetic activity and its relations to solar phenomena. *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, 37(1), 1-52.
- [3] Bartels, J., Heck, N. H., Johnston, H. F. (1939). The three-hour-range index measuring geomagnetic activity. *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, 44(4), 411-454.