

**Título do trabalho:** Relações Solares-Terrestres

**Projeto:** Modelagem e Simulação Multiescala em Plasmas - **Código COCEPE:** 4464

**Orientador:** Joel Pavan

Observações locais de ondas eletromagnéticas e partículas de plasmas na magnetosfera terrestre e no espaço interplanetário tornaram-se possíveis com o avanço da tecnologia de satélites no final dos anos 50 e início dos anos 60. Muitas dessas observações são discutidas sob o abrangente tópico das relações solares-terrestres, que representam a influência do Sol e da atividade solar sobre a Terra e o ambiente terrestre. As relações solares-terrestres constituem um tópico relevante desde que a Terra é habitada, e o papel da energia solar no sustento das atividades de agricultura e de fontes hídricas é bem estabelecido. No entanto, a contribuição do Sol não se limita à luz e ao calor, que são facilmente perceptíveis. As auroras constituem um exemplo primordial dessas relações: podem ser facilmente detectadas no solo, mesmo sem instrumentação, e estão estreitamente correlacionadas à atividade solar. Todavia, os grandes avanços na compreensão das relações solares-terrestres demandaram observações a bordo de foguetes e satélites: medidas de ondas eletromagnéticas e partículas na magnetosfera, ionosfera, espaço interplanetário e, especialmente, medidas de radiação eletromagnética com frequências indetectáveis a partir do solo.

Os complexos fenômenos solares que afetam a Terra, bem como outros planetas, são variados: tempestades magnéticas, ejeções coronais de massa, eventos de partículas de alta energia, *flares*, formação de sistemas correntes e do vento solar, entre outros. Esses fenômenos são capazes de afetar os sistemas de comunicações de satélites, sistemas GPS, a rede de geração e distribuição de energia elétrica, entre outros. Dada a relevância dos efeitos da atividade solar em sistemas eletro-eletrônicos, intrínsecos à sociedade moderna, surgiu a necessidade de se fazer previsão das condições do ambiente solar-terrestre, ou *clima espacial*. Clima espacial se refere às condições altamente variáveis e dinâmicas no ambiente geoespacial, incluindo aquelas do Sol, do meio interplanetário, e do sistema magnetosfera-ionosfera-termosfera. Alterações adversas no ambiente espacial próximo à Terra pode diminuir a performance e a confiabilidade tanto de espaçonaves como de sistemas baseados em terra. Por sua vez, isso pode significar perdas significativas devidas a problemas operacionais de comunicação, navegação, sistemas de fornecimento de energia e satélites de reconhecimento. Tal como a previsão do clima terrestre, na previsão do clima espacial é possível antecipar eventos solares, de modo a prover informação para o funcionamento seguro de operadores de satélites, linhas aéreas, plantas de geração e distribuição de energia, entre outros.

No entanto, além de fatores práticos cotidianos, há questões importantes a respeito do Sol ainda não respondidas, como o *problema do aquecimento coronal*. Essa questão decorre da verificação de que a corona solar exibe uma temperatura da ordem de mil vezes maior do que a superfície do Sol (fotosfera), mesmo sendo externa a essa. Neste sentido, missões correntes, como *Solar Orbiter* e *Parker Solar Probe*, devem prover dados observacionais fundamentais para a melhor compreensão da atividade solar e de seus efeitos sobre a Terra, e para elucidar questões fundamentais da física solar.

O presente trabalho, em sua parte inicial, contempla uma revisão da literatura sobre os diversos fenômenos solares, seus efeitos sobre a Terra, os dados observacionais mais recentes, a rede atual de previsão de clima espacial, bem como sobre a formulação matemática e simulações computacionais dos processos físicos envolvidos.

## Referências

- [1] Akasofu, S. -I. and Corrick, G. K. A modeling of magnetic field variations during magnetospheric substorms. *Planetary and Space Science*, v. 28:749–755, 1980.
- [2] Akasofu, S. -I. and Covey, D. N. Effects of the interplanetary magnetic field on the magnetotail structure: Large-scale changes of the plasma sheet during magnetospheric substorms. *Planetary and Space Science*, v. 28:757–762, 1980.
- [3] D. N. Baker. What is Space Weather? *Adv. Space Res.*, 22(1):7–16, 1998.
- [4] Dremukhina, L. A. et al. Structure of the magnetospheric magnetic field during magnetic storms. *Journal of Geophysical Research*, v. 104(n. A12):28351–28360, December 1, 1999.
- [5] D. Müller et al. Solar Orbiter : Exploring the Sun-heliosphere connection. *Solar Phys*, 2013.
- [6] Håland, S. et al. Magnetospheric and ionospheric response to a substorm: Geotail HEP-LD and Polar PIXIE observations. *Journal of Geophysical Research*, v. 104(n. A12):28459–28474, December 1, 1999.
- [7] J.C. Kasper et al. Parker Solar Probe enters the magnetically dominated solar corona. *Physical Review Letters*, 127(255101), 2021.
- [8] R.A. Howard et al. Sun Earth connection coronal and heliospheric investigation (SECCHI). *Space Sci Rev*, (136):67–115, 2008.
- [9] R.P. Kane. Sun-earth relation: Historical development and present status - a brief review. *Advances in Space Research*, (35):866–881, 2005.
- [10] Monique Pick and Nicole Vilmer. Sixty-five years of solar radioastronomy: flares, coronal mass ejections and Sun-Earth connection. *Astron Astrophys Rev*, (16):1–153, 2008.