



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

**ESTUDO DE EVENTOS DE TEMPESTADES DE UM MAGNÉTICAS  
INTENSAS NO MÍNIMO DE ATIVIDADE SOLAR**

João Luiz Pereira de Souza

Relatório de Iniciação Científica do  
Programa PIBIC, orientado por  
Alisson Dal Lago

2021



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

**ESTUDO DE EVENTOS DE TEMPESTADES DE UM MAGNÉTICAS  
INTENSAS NO MÍNIMO DE ATIVIDADE SOLAR**

João Luiz Pereira de Souza

Relatório de Iniciação Científica do  
Programa PIBIC, orientado por  
Alisson Dal Lago

2021

## RESUMO

O presente trabalho, originalmente teve como objetivo estudar os eventos de tempestades geomagnéticas intensas ocorridas no mínimo de atividade solar atual. A primeira bolsista do projeto, Letícia Catarina Morelato, que ficou no projeto de agosto de 2020 até março de 2021, utilizou dados providos pelo World Data Center de Kyoto, no Japão, que fornece o índice Dst de atividade da corrente anelar magnetosférica. Para análise dos eventos do meio interplanetário, foram utilizados dados em “nível dois” da sonda interplanetária Advanced Composition Explorer. Finalmente, ela fez uso de observações solares providas pela sonda Stereo A para exame da coroa solar, complementadas por dados dos satélites SOHO e SDO. A partir de maio de 2021, entrou novo bolsista João Luiz Pereira de Souza, que permaneceu por 3 meses. Ele realizou neste período uma prospecção do uso da linguagem Python e do pacote SunPy, para tratamento de dados solares.

## SUMÁRIO

	<b><u>Pág.</u></b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	4
1.1. Objetivo geral	4
1.2. Objetivos específicos	4
<b>2. METODOLOGIA</b>	4
<b>3. RESULTADOS</b>	5
<b>4. CONCLUSÃO</b>	5
<b>5. REFERÊNCIAS</b>	6

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo das perturbações geomagnéticas tem sido tema de grande interesse para a comunidade científica internacional, e sempre esteve entre os assuntos mais destacados de estudo dentro do INPE, com trabalhos importantes ao longo de 5 décadas. Recomendamos o artigo de Gonzalez et al. (2011) para uma revisão deste tipo de estudo, das origens interplanetárias das Tempestades Geomagnéticas.

Um outro trabalho importante de revisão das origens solares dos distúrbios geomagnéticos pode ser visto em Schwenn et al. (2005).

Este projeto tem por objetivo investigar as origens solares e interplanetárias de distúrbios geomagnéticos usando diversas fontes de observação, tanto espaciais quanto de superfície.

**1.1. OBJETIVO GERAL:** estudar os eventos de tempestades geomagnéticas intensas ocorridas no mínimo de atividade solar atual.

**1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Fazer um levantamento de todos os eventos de tempestades magnéticas intensas ocorridas no período do mínimo de atividade solar atual;
- Caracterizar os eventos ocorridos no meio interplanetário relacionados a estas tempestades;
- Caracterizar os eventos solares relacionados a essas tempestades;

## 2. METODOLOGIA

Nestes 3 meses de projeto, a metodologia consistiu em utilizar a linguagem Python e o pacote SunPy para verificação de possível tratamento de imagens solares, a fim de abordar

alguns aspectos do item “Caracterizar os eventos solares relacionados a essas tempestades”.

Para tanto, o bolsista realizou um estudo nos seguintes repositórios de rotinas:

<https://pypi.org/project/aiapy/>

<https://docs.sunpy.org/en/stable/guide/tour.html>

A principal atividade realizada foi fazer o “tour” sobre o pacote SunPy, que reúne diversas rotinas para calibração e análise de dados de missões solares.

A tarefa consistiu em implementar os exemplos do tour, como preparação para análises em um evento ocorrido em 2020.

Foi necessária a instalação o Python na máquina do aluno e depois os pacotes aiapy e SunPy.

Estudar documentação do SunPy.

### **3. Resultados**

O bolsista conseguiu realizar as instalações dos pacotes e fazer os primeiros testes com os pacotes de rotinas de análise. Houve algumas dificuldades em relação à algumas rotinas, que infelizmente pelo trabalho remoto não foi possível abordar. Houve também dificuldades de acesso a internet durante o período da bolsa, o que atrasou o andamento do projeto.

No entanto, apesar das dificuldades operacionais, foi possível fazer o Tour do SunPy e analisar partes da documentação do pacote.

### **4. Conclusão**

Neste relatório foram apresentados os resultados do trabalho desenvolvido ao longo do período de bolsa PIBIC. O bolsista deverá ser substituído para que o projeto seja concluído por outro bolsista.

O bolsista conseguiu realizar os passos iniciais em relação às rotinas do pacote SunPy, que é cada vez mais utilizado pela comunidade na área de física solar, para analisar dados de missões espaciais.

Este pacote, em linguagem Python, de livre acesso, está sendo aprimorado para substituir pacotes tradicionais de análise de dados de missões espaciais, baseados em softwares proprietários. Ainda há muito a se desenvolver nesta nova linguagem (Python) mas muitas rotinas já estão disponíveis para a comunidade científica.

As fases a seguir são o levantamento dos eventos que ocorreram

- Fazer um levantamento de todos os eventos de tempestades magnéticas intensas ocorridas no período do mínimo de atividade solar atual (a realizar);
- Caracterizar os eventos ocorridos no meio interplanetário relacionados a estas tempestades (parcialmente realizado, uma vez que a metodologia descrita acima foi desenvolvida);
- Caracterizar os eventos solares relacionados a essas tempestades (parcialmente realizado, uma vez que a metodologia descrita acima foi desenvolvida)

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GONZALEZ, W. D.; ECHER, E.; TSURUTANI, B. T.; DE GONZALEZ, A. L. C.; DAL LAGO, A. **Interplanetary origin of intense, superintense and extreme geomagnetic storms**, Março de 2011.

SCHWENN, R.; DAL LAGO, A.; HUTTUNEN, E.; GONZALEZ, W. D.. **The association of coronal mass ejections with their effects near the Earth**, Março de 2005.