

SUN TRACKER

Um algoritmo de inteligência artificial que prevê eventos do tipo Carrington

Alunos: Mariana Vale Taveira, Roseno Gonçalves Lopes Filho

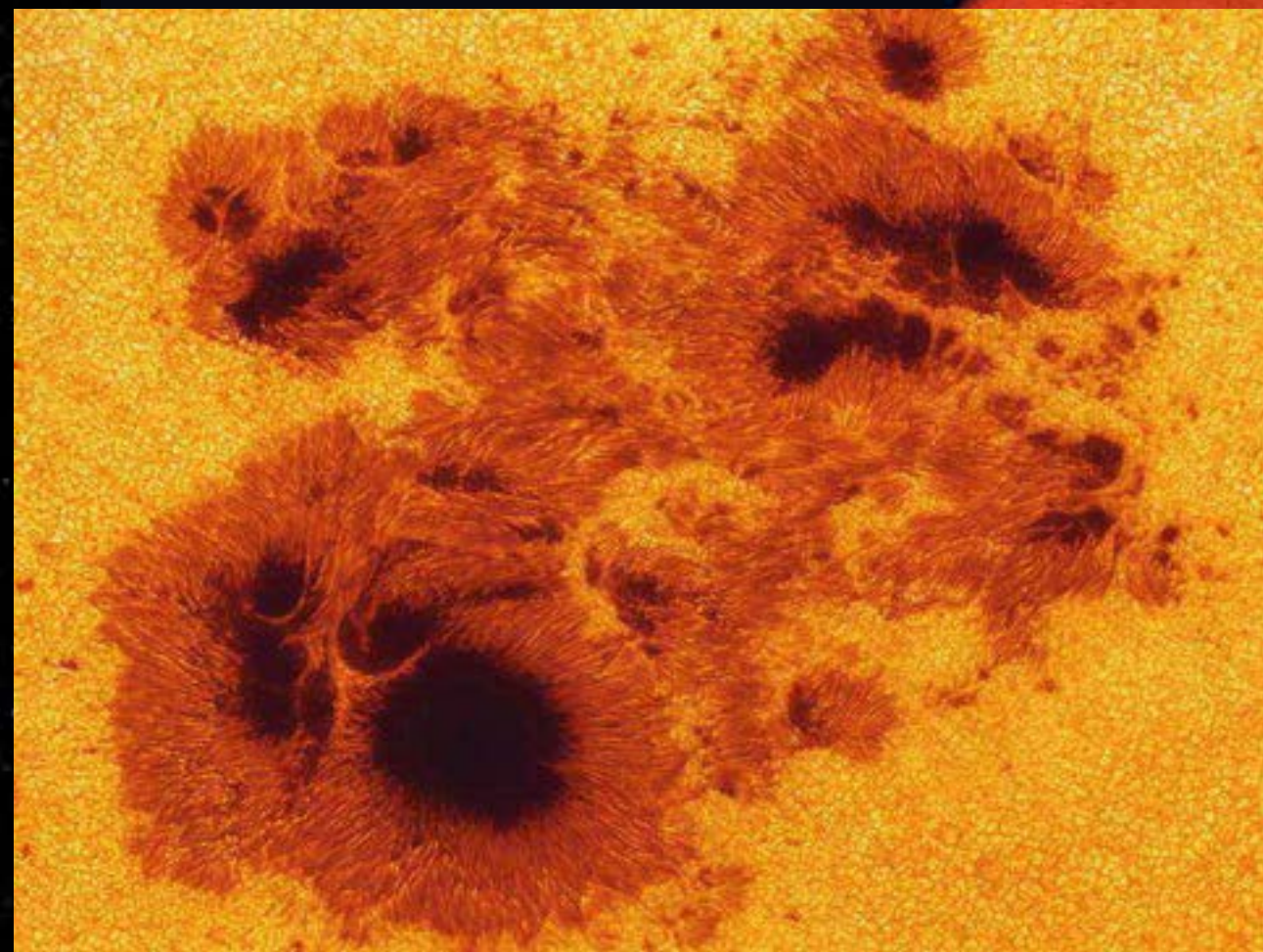
Orientador: Ricardo Nunes

Brasília, DF

O CICLO SOLAR

O ciclo solar descreve um período de, aproximadamente, 11 anos de atividade

É impulsionado pelo campo magnético solar e indicado pela frequência e intensidade de **manchas solares** visíveis na superfície



A ATIVIDADE SOLAR



São fenômenos comuns ligados à atividade magnética solar:

- **Coronal Mass Ejections (CMEs)**
- **Solar flares**
- **Solar winds**

A partir de uma análise de ciclos solares, pode concluir-se que nos picos de atividade, a frequência de erupções e CMEs aumentam (média de 2 a 3 por dia), enquanto nos mínimos, diminuem (média de 1 por semana)

Essas ejeções, quando atingem a Terra podem afetar o espaço próximo, nossa magnetosfera e ionosfera, proporcionando grandes catástrofes

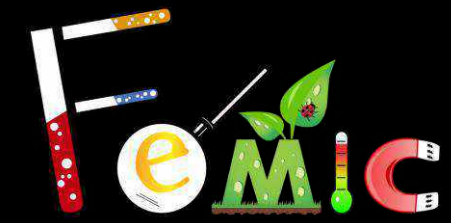
O EVENTO DE CARRINGTON

Foi a tempestade solar mais intensa da história. Ele atingiu o pico em setembro de 1859, durante o ciclo solar 10, quando uma série de CMEs atingiu a Terra.

O fenômeno ganhou visibilidade principalmente devido às auroras intensas produzidas no céu noturno e às falhas no sistema de comunicações telegráficas ao redor do mundo.

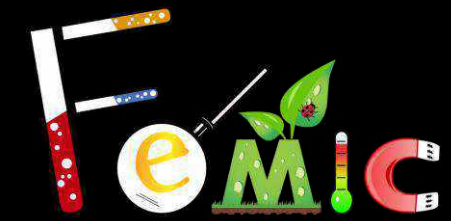
Se um evento solar semelhante ocorresse hoje, os impactos para a sociedade poderiam ser devastadores, afetando diretamente satélites de telecomunicações e navegação, linhas de energia, sistemas elétricos e eletrônicos e muitos outros equipamentos que têm seu funcionamento baseado nas ondas eletromagnéticas refletidas em nossa atmosfera.





O PROBLEMA

NOVO CICLO SOLAR



A questão relativa aos perigos apresentados pelas erupções solares e CMEs, estão novamente assumindo pautas de maior relevância global, uma vez que o Sol recentemente adentrou seu vigésimo-quinto ciclo

Segundo especialistas, o Painel de Previsão do 25º Ciclo Solar é de um possível início lento, com máximo solar entre 2023 e 2026, e uma faixa de pico de 95 a 130 manchas solares

Em outras palavras, esse novo período ilustra um **futuro próximo de picos de atividade solar**, com possíveis eventos danosos às sociedades tecnológicas da Terra.

NOSSA IDEIA



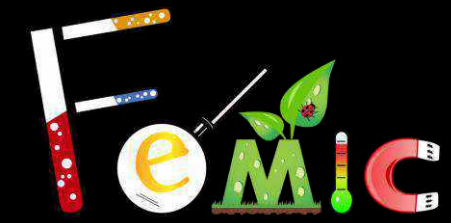
Integrar o **machine learning** como ferramenta auxiliadora no processo de predição de tempestades solares do tipo Carrington, que possam causar danos econômicos, sociais, militares e outros ligados direta e indiretamente à infraestrutura elétrica e eletrônica do planeta.



NOSSO PROJETO

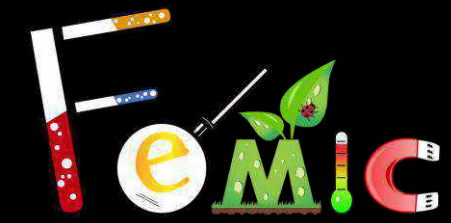
Objetivo Geral

Desenvolver um algoritmo de inteligência artificial capaz de **prever** tempestades solares do tipo Carrington - adversas à infraestrutura elétrica e eletrônica do planeta Terra - além de gerar respostas antecipadas para a **preparação de contramedidas**.



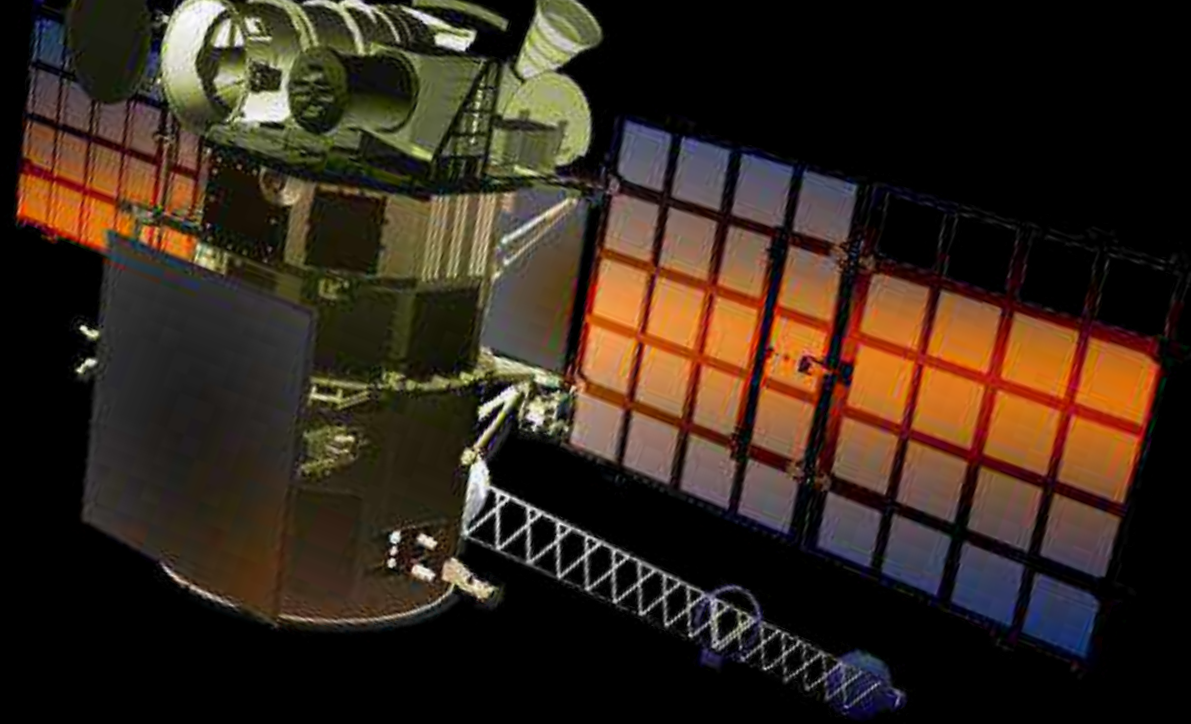
OBJETIVO 1

Determinar a existência de uma **correlação matemática** entre a incidência de radiações solares em diferentes eixos, seus ângulos de derivação, a distância Terra-Sol, e a velocidade resultante dos ventos solares



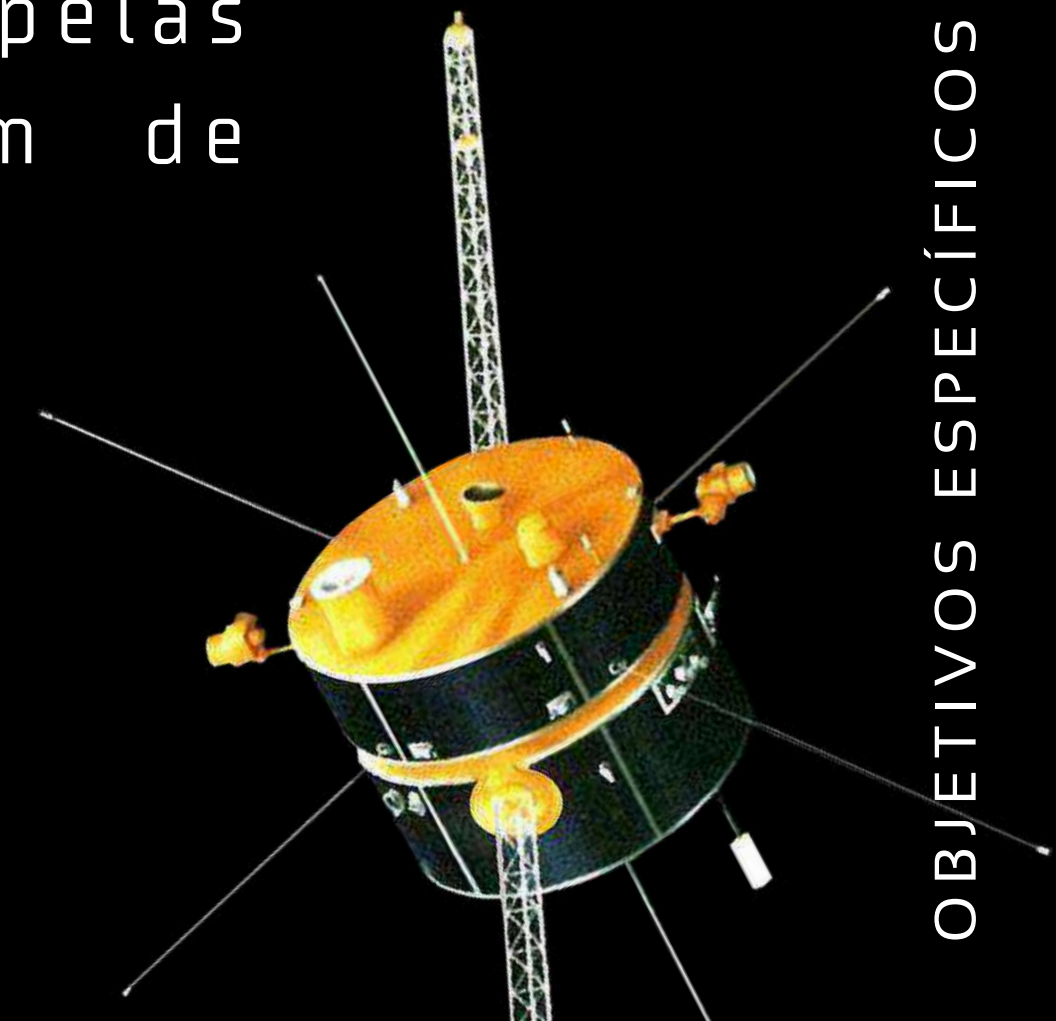
OBJETIVO 2

Verificar a viabilidade de antever a ocorrência de **eventos do tipo Carrington** por meio da determinação da velocidade de prótons não-lineares provenientes de atividade solar



OBJETIVO 3

Comparar os resultados obtidos pelo algoritmo com os dados obtidos pelas espaçonaves DSCOVR e WIND, a fim de conseguir uma alta taxa de precisão



OBJETIVO 4

Comparar os resultados obtidos pelo algoritmo com os dados obtidos pelas espaçonaves DISCOVER e WIND, a fim de conseguir uma alta taxa de precisão

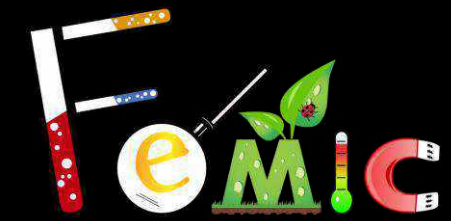


O QUE NÓS DESENVOLVEMOS?

Com o intuito de prever a velocidade resultante de prótons não-lineares, oriundos de erupções solares e CMEs, foi desenvolvido um **modelo de machine learning** do tipo Árvore de Decisão, um **algoritmo** de classificação e regressão para uso na modelagem preditiva de atributos discretos e contínuos, nesse caso, previsões fundadas nas relações entre a base de dados e a velocidade dos prótons.

Dessa forma, o banco de dados do Sun Tracker - nome dado pelos autores ao algoritmo em questão - foi preenchido com aproximadamente 180 mil registros, cobrindo todas as datas de janeiro de 2022 até o final de agosto.

BASE DE DADOS



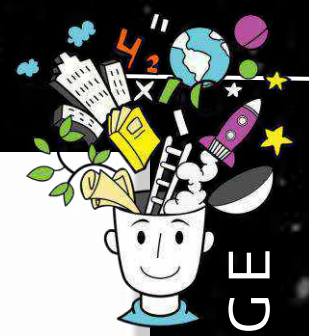
Primeiramente, determinamos nossa base de dados, cujas informações serviram de parâmetro para o treinamento do algoritmo, pelas seguintes variáveis:

- A incidência de radiações solares nos eixos B_x , B_y e B_z , detectada pelos satélites WIND e DSCOVR da NASA
- O ângulo de derivação dessas radiações
- A data de detecção
- A distância da Terra ao Sol em determinada data
- A velocidade nos eixos V_x e V_y dos prótons que acompanham as radiações solares, e a sua resultante

O ALGORITMO

Por meio do software de visualização de dados de código aberto e mineração, *Orange Data Mining*, foi suscitada uma programação visual para análise exploratória de dados quantitativos e a percepção interativa de dados.

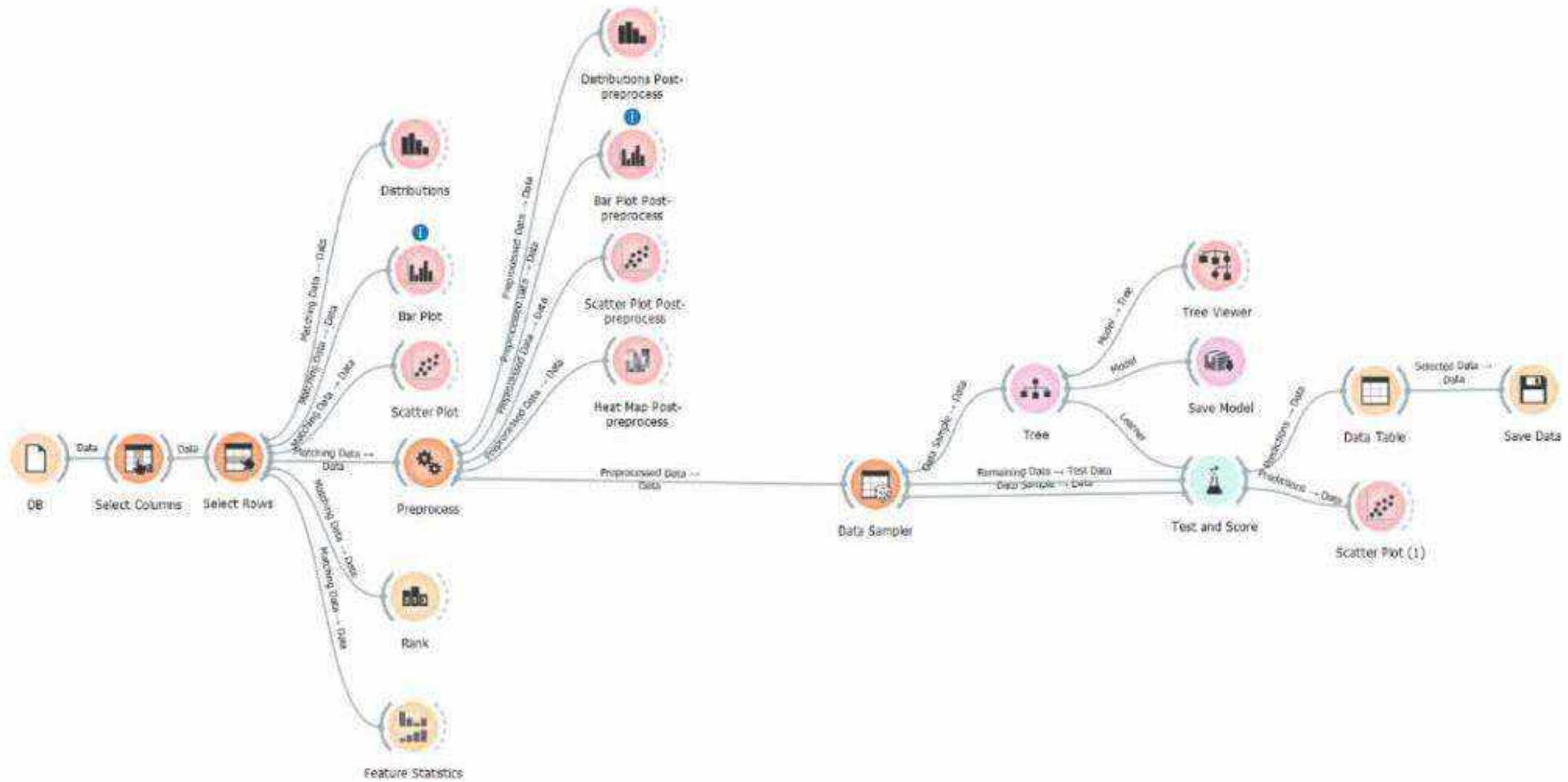




Data
 Transform
 Visualize
 Model
 Evaluate
 Unsupervised

Test and Score
 Predictions
 Confusion Matrix
 ROC Analysis
 LR Curve
 Calibration Plot

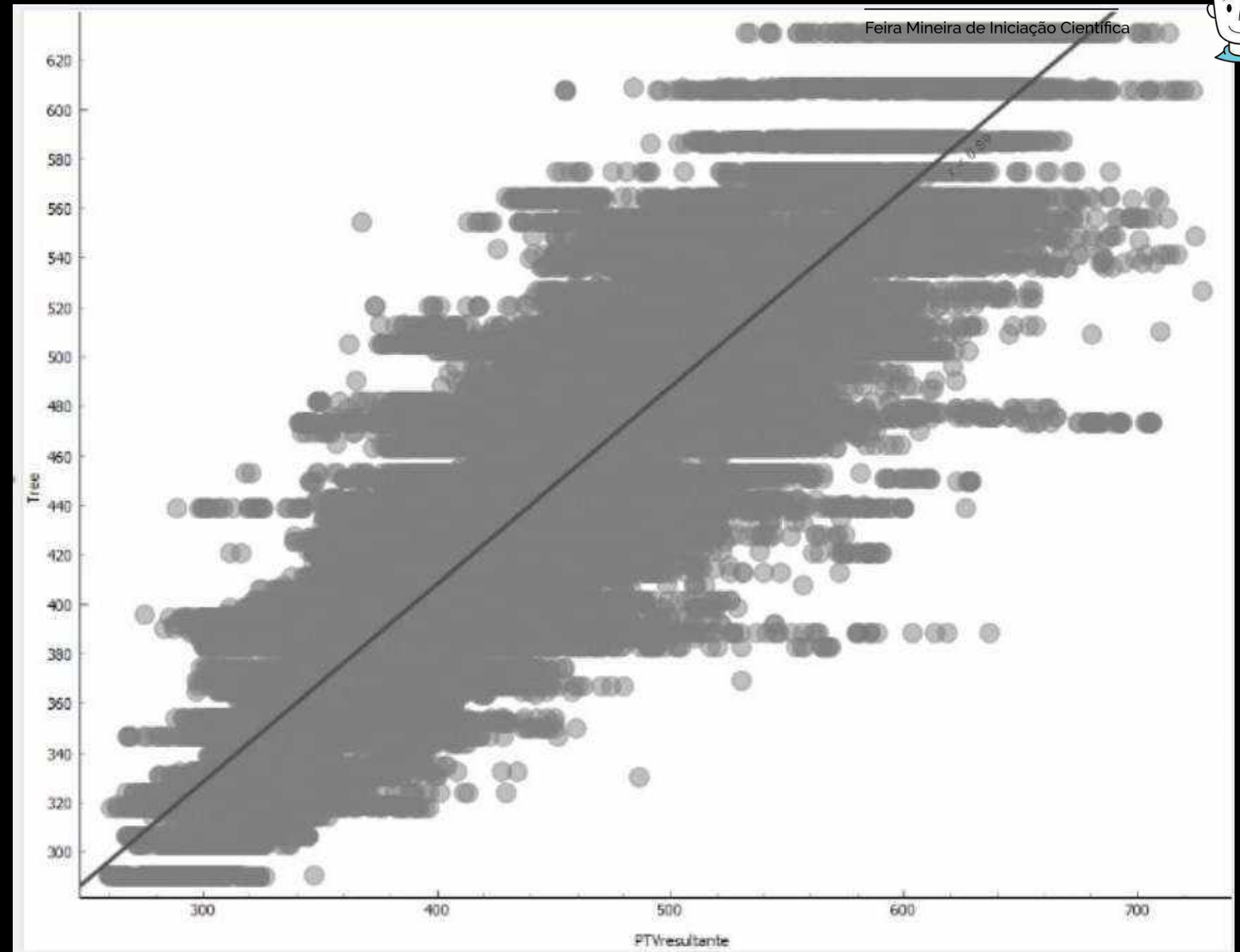
Scatter Plot
 Interactive scatter plot visualization with intelligent data visualization enhancements.



RESULTADOS

A avaliação de desempenho do modelo feita pela métrica R^2 foi de 0,795, ou seja, o algoritmo obteve 79,5% de adesão.

O MAE [Erro Médio Absoluto] foi de $2.9103 \cdot 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Para efeito de conscientização, destaca-se que a velocidade observada dos ventos solares nessa base de dados varia entre $2.5872 \cdot 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ e $7.70727 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



DESAFIOS



Embora os resultados do algoritmo sejam promissores, a precisão do mesmo ainda pode ser refinada. Para isso, faz-se necessário a implementação de mais entrada e variáveis para o processo de treinamento do modelo, no entanto, isso só seria possível com a contribuição de demais órgãos, agentes e instituições que monitoram a atividade solar.

Além do mais, durante a computação da base de dados, foi encontrada uma aberração numérica no ângulo de derivação das radiações: entre 13 e 20 de março de 2022. Supõe-se que isso se dá a uma falha técnica nas sondas, esses valores foram computados como um erro e desprezados durante o treinamento do algoritmo.

O projeto foi capaz de evidenciar a importância de algoritmos como o Sun Tracker para o monitoramento e previsão de atividades solares, buscando cooperar para a descentralização de meios que visam o bem-estar global.

Ao final, a pesquisa gerou conclusões primordialmente quantitativas devido a seu caráter experimental. Já uma interpretação qualitativa dos dados, possibilitou a especulação quanto a possibilidade de futuros picos de atividade solar e ocorrências semelhantes ao Evento de Carrington de 1859.

Provando-se, assim, a viabilidade do uso de tecnologias básicas no ramo da inteligência artificial para a previsão da atividade solar.



Feira Mineira de Iniciação Científica



REFERÊNCIAS



BACCARO, Marco. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Modelo Hidrodinâmico Bidimensional de Ejeção de Massa Coronal, 2004. 95p, il. Dissertação [Mestrado].

BRAGA, Bruna; CECATTO, José Roberto; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Espectroscopia da atividade solar na banda de ondas de rádio associada a fenômenos de "ejeção de massa coronal - (CME)", 2007. 20p, il. Dissertação [Projeto de iniciação científica].

COSTA, E. Jr. et al. O vento solar e a atividade geomagnética. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.33, n.4, p. 4301, 2011.

ECHER, E. Magnetosferas planetárias. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.32, n.2, p. 2301, 2010.

FEYNMAN, Joan.; GABRIEL, S. B. On space weather consequences and prediction. Journal of Geophysical Research, v.105, n.5, p. 10543-10564, 2000.

GUEDES, Márcia. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Ejeções de Massa Coronal nos Ciclos Solares 23 e 24 - Evolução da ocorrência, periodicidades e fenômenos associados, 2015. 131p, il. Tese [Doutorado]

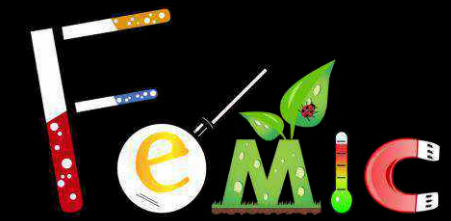
LANZEROTTI, Louis J. Space Weather Effects on Technologies. Geophysical Monograph Series – Bell Laboratories, Lucent Technologies, Murray Hill: New Jersey, 2013.

MENEZES, Fabian. UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE, Centro de Rádio Astronomia e Astrofísica Mackenzie. Influência da atividade magnética na atmosfera solar e na propagação de ejeções de massa coronal de estrelas do tipo-solar, 2021. 193p, il. Tese [Doutorado]

RODGER, Craig J. et al. Atmospheric impact of the Carrington event solar protons. Journal of Geophysical research, v.113, doi:10.1029/2008JD010702, 2008.

WHITEHOUSE, The next solar cycle and why it matters for climate. ed. Londres: The global warming policy foundation, 2020. 18 p, il.

AGRADECEMOS PELA ATENÇÃO



Realização



Associação Mineira de
Pesquisa e Iniciação Científica



Apoiadores



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

