



# INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL – INPE

## CLIMA ESPACIAL, FÍSICA SOLAR E GEOFÍSICA ESPACIAL (PQ034)



### SUA PROVA

- Além deste caderno contendo **5 (cinco)** questões discursivas **com as respectivas folhas de rascunho**, você receberá do fiscal de prova as folhas de textos definitivos;



### TEMPO

- Você dispõe de **4 (quatro) horas** para a realização da prova;
- **2 (duas) horas** após o início da prova, é possível retirar-se da sala, sem levar o caderno de questões;
- A partir dos **30 (trinta) minutos** anteriores ao término da prova é possível retirar-se da sala **levando o caderno de questões**.



### NÃO SERÁ PERMITIDO

- Qualquer tipo de comunicação entre os candidatos durante a aplicação da prova;
- Anotar informações relativas às respostas em qualquer outro meio que não seja no caderno de questões e nas folhas de textos definitivos;
- Levantar da cadeira sem autorização do fiscal de sala;
- Usar o sanitário ao término da prova, após deixar a sala.



### INFORMAÇÕES GERAIS

- Verifique se seu caderno de questões está completo, sem repetição de questões ou falhas. Caso contrário, **notifique imediatamente o fiscal da sala**, para que sejam tomadas as devidas providências;
- Confira seus dados pessoais, especialmente nome, número de inscrição e documento de identidade e leia atentamente as instruções para preencher as folhas de textos definitivos;
- Para o preenchimento das folhas de textos definitivos, use somente caneta esferográfica, fabricada em material transparente, com tinta preta ou azul;
- Assine seu nome apenas no(s) espaço(s) reservado(s) no cartão de respostas;
- Caso você tenha recebido caderno de cargo **diferente** do impresso em suas folhas de textos definitivos, o fiscal deve ser **obrigatoriamente** informado para o devido registro na ata da sala;
- O preenchimento das folhas de textos definitivos é de sua responsabilidade e **não será permitida a troca de folha de texto definitivo em caso de erro cometido pelo candidato**;
- Para fins de avaliação, serão levadas em consideração apenas os textos das folhas de textos definitivos;
- A FGV coletará as impressões digitais dos candidatos na lista de presença;
- Os candidatos serão submetidos ao sistema de detecção de metais quando do ingresso e da saída de sanitários durante a realização das provas.
- **Boa prova!**



## QUESTÃO 1

---

O Clima Espacial trabalha com a cadeia de eventos, desde a ocorrência de um fenômeno na atmosfera solar, sua origem e características, bem como sua propagação pelo meio interplanetário e, principalmente, os efeitos tanto para o ambiente quanto para tecnologias sensíveis terrestres. Trata também das consequências e impactos que obviamente esses efeitos causam para as atividades humanas.

Considere o período 2008-2019 subdividido em 3 intervalos:

- (1) Dez./2008 a Dez./2010;
- (2) Jan./2011 a Dez./2014;
- (3) Jan./2015 a Dez./2019.

Em um dos 3 intervalos mencionados, durante 31 dias consecutivos, foram observados, no total, 8 explosões (*flares*) classe X, 45 explosões classe M, 4 ejeções de massa coronal (EMC) tipo halo, 24 EMC tipo halo parcial e eventos de partículas energéticas ou tempestades solares. Considere que, como consequência, no ambiente e tecnologias terrestres, foram observados:

- I. blecautes de rádio do lado iluminado da Terra com duração de horas;
- II. violenta perturbação da órbita de satélites;
- III. severa (-400 nT) tempestade geomagnética;
- IV. aumento do fluxo de prótons ( $\geq 100$  MeV) detectado pelo satélite GOES-13; e,
- V. perda de comunicação e de orientação de uma aeronave no trecho Alaska-Suécia.

**Baseado nessas informações, responda aos itens a seguir.**

- A) Em qual dos 3 intervalos apresentados acima, aqueles 31 dias ocorreram? Justifique sua escolha.**
- B) Identifique o fenômeno solar correspondente a cada um dos efeitos (I) até (IV) observados no ambiente e tecnologias terrestres, e explique o porquê da associação com cada fenômeno.**
- C) Identifique, caso haja alguma correspondência, o fenômeno solar responsável pelo efeito (V). Justifique sua escolha.**
- D) Indique o(s) impacto(s) socioeconômico(s) que está(ão) associado(s) ao efeito (III). Justifique.**



36

---

37

---

38

---

39

---

40

---

41

---

42

---

43

---

44

---

45

---

46

---

47

---

48

---

49

---

50

---

51

---

52

---

53

---

54

---

55

---

56

---

57

---

58

---

59

---

60

---

## QUESTÃO 2

---

As explosões solares são fenômenos em que grandes quantidades de energia são liberadas na atmosfera solar, resultando em aquecimento, fluxos de partículas aceleradas e emissão de radiação em diversas regiões do espectro eletromagnético.

Responda aos itens a seguir considerando uma explosão solar com contrapartidas observadas nas frequências de rádio 300-3000MHz, raios-X moles (< 10 keV) e raios-X duros (> 30 keV). Considere ainda que o espectro dinâmico em rádio na região de ondas decimétricas apresenta deriva temporal superior a 500MHz/s em direção às extremidades da banda de frequências 300-3000MHz, a partir de 1000MHz.

- A) Com base na informação apresentada sobre as observações espectrais em rádio, indique a classificação da explosão e descreva a distribuição de velocidade das partículas aceleradas e o mecanismo associado de emissão de radiação.**
- B) Descreva os mecanismos de emissão de radiação que dão origem às assinaturas observadas nas regiões de raios-X moles e raios-X duros.**
- B<sub>1</sub> Explique a relação entre as populações de partículas aceleradas que dão origem à emissão em ondas decimétricas e raios-X.**
- B<sub>2</sub> Por que é importante realizar observações multi-espectrais de explosões solares?**

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35

36

---

37

---

38

---

39

---

40

---

41

---

42

---

43

---

44

---

45

---

46

---

47

---

48

---

49

---

50

---

51

---

52

---

53

---

54

---

55

---

56

---

57

---

58

---

59

---

60

---



**QUESTÃO 3 (NSQD334-00\_03)**

---

O ciclo de manchas solares de 11 anos é consequência da dinâmica do campo magnético no interior solar.

Sobre este fenômeno responda aos itens a seguir.

- A) Descreva sucintamente os mecanismos físicos que sustentam essa dinâmica, incluindo a reversão periódica de polaridade, de acordo com os modelos existentes de dínamo solar.
- B) Descreva a Lei de Spörer e apresente outras observações que impõem vínculos nesses modelos.
- C) A difusividade magnética molecular, ou Ohmica, na zona convectiva solar varia de  $10 \text{ m}^2/\text{s}$  na base, até  $10^4 \text{ m}^2/\text{s}$  na fotosfera. Estime, em ordem de grandeza, quanto tempo levaria em se dissipar um campo dipolar global no sol. Explique porque o ciclo solar opera em uma escala de tempo ordens de grandeza mais curta.
- D) Descreva o que é o índice F10.7. Justifique porque é um excelente indicador da atividade magnética solar.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35

36

---

37

---

38

---

39

---

40

---

41

---

42

---

43

---

44

---

45

---

46

---

47

---

48

---

49

---

50

---

51

---

52

---

53

---

54

---

55

---

56

---

57

---

58

---

59

---

60

---

**QUESTÃO 4 (NSQD334-00\_04)**

---

Sobre o processo pelo qual os fluxos magnéticos emergem na superfície solar e como eles contribuem para a formação e a estabilidade das manchas solares, responda aos seguintes itens.

- A) Quais são os mecanismos físicos subjacentes à geração de fluxo magnético no interior solar?
- B) Explique como esses fluxos magnéticos são transportados do interior do Sol até a fotosfera.
- C) Discuta a emergência dos fluxos magnéticos na fotosfera, apresentando evidências dos tubos de fluxo magnético e como estes são observados na superfície solar.
- D) Descreva como os fluxos magnéticos se organizam em estruturas maiores uma vez que emergem na fotosfera, incluindo a dinâmica e as interações que contribuem para essa organização.
- E) Detalhe como os fluxos magnéticos contribuem especificamente para a formação das manchas solares, abordando o papel da intensidade e configuração do campo magnético na estabilidade dessas estruturas.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35

36

---

37

---

38

---

39

---

40

---

41

---

42

---

43

---

44

---

45

---

46

---

47

---

48

---

49

---

50

---

51

---

52

---

53

---

54

---

55

---

56

---

57

---

58

---

59

---

60

---

## QUESTÃO 5

---

Como sabemos, a coroa solar é a camada mais externa da atmosfera solar. Ela é caracterizada por uma grande diversidade de estruturas, que podem ser observadas em vários comprimentos de onda, bem como pela quantidade de matéria que ela emana tanto através do chamado vento solar como através das tempestades solares que podem até atingir a Terra.

Sobre o tema, à luz do conhecimento atual, responda aos itens a seguir.

- A) Descreva quais são as propriedades atmosféricas como a temperatura, densidade e forma, da coroa solar e como elas variam ao longo do ciclo solar e a razão para essa variação.
- B) Descreva o modelo de Parker para o vento solar desmagnetizado introduzido por Eugene Parker.
- C) Qual a diferença entre os ventos solares rápidos e lentos, tendo em consideração o contexto da atmosfera solar a que está associada sua origem? Qual a sua distribuição média no espaço e no tempo? Apresente as características físicas, como a velocidade e a temperatura, dos elétrons em eV a 1AU.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35



36  
-----  
37  
-----  
38  
-----  
39  
-----  
40  
-----  
41  
-----  
42  
-----  
43  
-----  
44  
-----  
45  
-----  
46  
-----  
47  
-----  
48  
-----  
49  
-----  
50  
-----  
51  
-----  
52  
-----  
53  
-----  
54  
-----  
55  
-----  
56  
-----  
57  
-----  
58  
-----  
59  
-----  
60  
-----





Realização

