



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL – INPE

INTERAÇÃO SOLAR TERRESTRE, MAGNETOSFERA EXTERNA E RAIOS CÓSMICOS (PQ037)



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

Tempestades geomagnéticas e subtempestades são causadas pela entrada de energia proveniente do vento solar na magnetosfera terrestre. O principal mecanismo desse transporte de energia acontece através da reconexão magnética, que ocorre no lado diurno da magnetosfera, entre o campo magnético interplanetário, quando este possui um componente apontado para o sul, e o campo geomagnético, que aponta para o norte.

- A) Esquematize e descreva as diversas etapas deste processo, conhecido como *ciclo de Dungey*.
- B) Descreva as principais características das tempestades geomagnéticas: suas causas, como sua intensidade é caracterizada, suas diversas fases, duração e fenomenologia associada a essas fases.
- C) Descreva as principais características das subtempestades geomagnéticas, suas causas, suas diversas fases, como sua intensidade é caracterizada, duração e fenomenologia associada a essas fases. Em particular, descreva como ocorre o processo de entrada das partículas da magnetocauda na ionosfera polar.

- 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 2

A influência do ciclo de 11 anos da atividade solar na modulação dos raios cósmicos galácticos pode ser observada através da anticorrelação entre a intensidade de raios cósmicos e os parâmetros relacionados ao ciclo solar, como mostra a figura 1. No entanto, a modulação heliosférica dos raios cósmicos galácticos não se resume somente a esse efeito, pois outras estruturas presentes na Heliosfera precisam ser consideradas de forma que um modelo bem representativo possa ser elaborado.

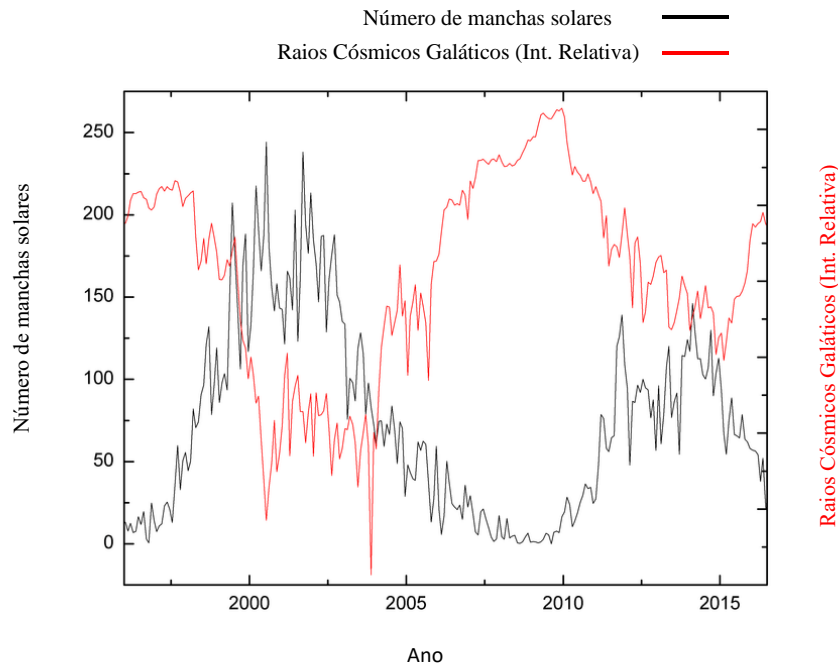


Figura 1 – Anticorrelação entre o número de manchas solares e raios cósmicos galácticos.

A equação de transporte de Parker descreve os fundamentos teóricos para a modelagem de propagação dos raios cósmicos no meio interplanetário. Com relação a função de distribuição omnidirecional $f(r,t,p)$ de partículas na posição r , no instante t e tendo momento p , a equação de Parker pode ser descrita como

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \nabla \cdot (\mathbf{k}^{(s)} \cdot \nabla f) - \mathbf{V}_d \cdot \nabla f - \mathbf{V} \cdot \nabla f + \frac{1}{3} \nabla \cdot \mathbf{V} \frac{\partial f}{\partial \ln p} + Q \quad (1)$$

Onde $\mathbf{k}^{(s)}$ é a parte simétrica do tensor difusão, \mathbf{V} é a velocidade do vento solar e \mathbf{V}_d é a velocidade de deriva da partícula.

Assim,

- A) Identifique os termos presentes no lado direito da igualdade na equação (1).
- B) Defina Heliosfera.
- C) Defina Frente de Choque (*Bow Shock*).
- D) Defina Choque de Terminação (*Termination Shock*).
- E) Defina Bainha Heliosférica.

- 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

O Sol é uma estrela complexa que desempenha um papel central em diferentes aspectos do Sistema Solar e da Terra. Seu nível de atividade varia em diversas escalas temporais, que vão desde minutos a décadas. A compreensão dessas escalas é importante tanto do ponto de vista acadêmico, para o entendimento do Sol, quanto do ponto de vista prático, para previsões do clima espacial e para avaliar os impactos tecnológicos e biológicos na Terra e em suas proximidades.

Assim,

- A) Explique o ciclo de aproximadamente 11 anos do Sol com relação aos seguintes aspectos: número de regiões ativas (ou grupos de manchas solares); suas distribuições latitudinais na superfície solar; inversão dos polos magnéticos durante o ciclo; emissão de partículas e radiação para o meio interplanetário e, por fim, possíveis impactos tecnológicos e biológicos no ambiente terrestre.**
- B) Um próton e um elétron não relativísticos são emitidos em diferentes regiões ativas do Sol e atingem uma mesma região do espaço interplanetário, caracterizada por um campo magnético de módulo B . Os efeitos elétricos e gravitacionais na região podem ser desprezados.**

Considere o módulo da velocidade do elétron 18,36 vezes maior que o módulo da velocidade do próton ($v_e = 18,36 v_p$). O *pitch angle* (ângulo de passo ou de arremesso) tanto para o elétron quanto para o próton é de 90° .

- C) Sabendo que a massa do próton é 1.836 vezes maior que a massa do elétron ($m_p = 1.836 m_e$),**
- calcule a razão entre o raio de Larmor do elétron (r_e) e o raio de Larmor do próton (r_p) na região.
 - calcule a razão entre a frequência ciclotrônica de dois elétrons diferentes nesta região, ambos com *pitch angle* igual a 45° , considerando que o módulo da velocidade de um dos elétrons é o dobro do módulo da velocidade do outro elétron.

- 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

O acoplamento Sol – Terra ocorre devido à interação do vento solar e da radiação eletromagnética com a magnetosfera e a atmosfera da Terra. Tal interação desencadeia uma série de processos físicos distintos que se manifestam em diferentes escalas (espaço e tempo) e em diferentes regiões.

Devido à crescente dependência da nossa sociedade das tecnologias espaciais, prever o comportamento da magnetosfera da Terra tornou-se um dos grandes desafios da pesquisa em Física Espacial. Nesse contexto, a simulação global de larga escala tem desempenhado um papel significativo, assim vários modelos têm sido desenvolvidos tendo como base a teoria Magnetohidrodinâmica, também conhecida como teoria MHD.

Usando como base a teoria MHD:

- A) descreva as equações básicas da teoria MHD, discutindo cada uma delas;**
- B) apresente as vantagens na utilização da teoria MHD na simulação global de larga escala; e**
- C) indique as desvantagens e as limitações no uso dessa teoria na simulação global de larga escala.**

- 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

- A) O plasma emitido pelo Sol, que atinge o planeta Terra, é magnetizado. Esse plasma constitui o vento solar. A interação do vento solar com o campo magnético terrestre origina uma região no geoespaço chamada magnetosfera, possuidora de vários sistemas de correntes elétricas. **Cite cinco desses sistemas e a magnitude típica das correntes elétricas associadas (em Ampères).**
- B) A interação direta do vento solar com o campo geomagnético – em grande parte no lado diurno da magnetosfera – está associada ao fenômeno da reconexão magnética. Essa reconexão depende fundamentalmente do campo magnético do vento solar (ou campo magnético interplanetário), sendo que a heterogeneidade do plasma solar propicia diversas circunstâncias de reconexão. **Apresente brevemente três dessas circunstâncias e comente a eventual saturação na reconexão.**

- 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

