



# INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL – INPE

## PROCESSOS IONOSFÉRICOS DOS SETORES EQUATORIAIS E DE BAIXAS LATITUDES (PQ039)



### 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

---

A curva de temperatura da atmosfera terrestre em função da altitude caracteriza regiões distintas a partir dos diferentes gradientes observados. Por exemplo, apesar de o pico de máxima temperatura ser encontrada na estratosfera, quando essa região alcança cerca de 95 km de altura, observa-se o valor mínimo de temperatura da atmosfera terrestre e uma mudança significativa em seu padrão de densidade. Os processos químicos e de transporte observados a partir dessa altitude contribuem para a manutenção do perfil de densidade de íons e elétrons no lado diurno e noturno, caracterizando assim a Ionosfera.

Considerando as informações acima, responda aos itens a seguir.

- A) Descreva a formação da ionosfera considerando a absorção da radiação solar em diferentes comprimentos de onda, que incidem sobre a atmosfera quando esta é iluminada pelo sol. Comente a manutenção da ionosfera no período noturno.
- B) Em um diagrama, esboce os perfis de densidade eletrônica por altura da ionosfera, que seja representativo do máximo e mínimo solar, para o período diurno e noturno. Indique os comprimentos de onda da radiação solar associados com a ionização das diferentes regiões ionosféricas.

- 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 ionosfera equatorial e de baixa latitude é uma região dinâmica com uma ampla gama de perturbações com escalas espaciais variando desde alguns centímetros até centenas de quilômetros. As irregularidades ionosféricas de grande escala são conhecidas como bolhas de plasma, as quais podem degradar significativamente a propagação das ondas de rádio, a comunicação por satélite e os sinais do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS).

Assim,

- A) Explique o que são bolhas de plasma.
- B) Discuta os processos físicos propostos para sua inicialização, crescimento, propagação e decaimento.

- 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

---

A ionosfera é criada principalmente pela ionização dos gases atmosféricos por absorção de radiação solar. Como resultado de processos de produção e perda de íons se observa o perfil de densidade eletrônica que é utilizado para classificar a ionosfera em regiões D, E e F.

Sobre o tema,

- A) Explique quais são os principais mecanismos de produção e perda de íons na região E da ionosfera.
- B) Descreva como são formados e quais são os principais íons metálicos.
- C) Esboce as principais reações químicas.

- 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

---

A ionosfera equatorial e de baixas latitudes é uma das regiões mais dinâmicas da alta atmosfera da Terra. A morfologia dessa região é controlada por processos de transporte radiativo e acoplamento químico, de partículas neutras e de plasma. Além disto, possui características distintas daquelas de outras latitudes. Genericamente, a eletrodinâmica ionosférica depende fortemente da condutividade ionosférica e das variações do vento neutro. Perturbações no campo elétrico durante períodos magneticamente perturbados podem induzir modificações significativas no que se convencionou chamar de tempo calmo (*quiet time*).

**A) Elabore um texto sobre a eletrodinâmica da ionosfera de baixas latitudes com ênfase para as regiões E e F.**

**Inclua em seu texto:**

**A<sub>1</sub> as características singulares da região, tanto espaciais como temporais.**

**A<sub>2</sub> a importância da velocidade de deriva e seus mecanismos indutores e as irregularidades observadas;**

**A<sub>3</sub> as alterações de campo elétrico e correntes associadas à variação diurna.**

- 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

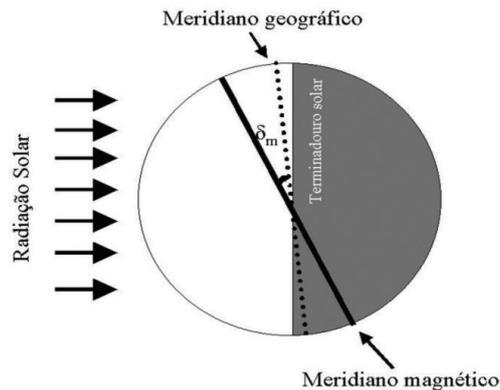
36  
-----  
37  
-----  
38  
-----  
39  
-----  
40  
-----  
41  
-----  
42  
-----  
43  
-----  
44  
-----  
45  
-----  
46  
-----  
47  
-----  
48  
-----  
49  
-----  
50  
-----  
51  
-----  
52  
-----  
53  
-----  
54  
-----  
55  
-----  
56  
-----  
57  
-----  
58  
-----  
59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

## QUESTÃO 5

O estudo da ionosfera da Terra pode ser realizado utilizando equipamentos em solo, tais como: ionossondas, radares de espalhamento coerente e incoerente, receptores GNSS e equipamentos óticos. Um dos equipamentos mais utilizados para se estudar a ionosfera é um sistema de radar chamado ionossonda, operando em uma faixa de ondas de rádio com frequências variando em geral, entre 1 e 20MHz.

Considerando as informações acima,

- Descreva como obter os principais parâmetros ionosféricos a partir de ionogramas e as características que possam diferenciar a ionosfera diurna da noturna.
- Descreva os tipos de irregularidades geradas na região F ionosférica equatorial magnética e como cada uma é identificada nos ionogramas.
- A Figura 1 ilustra a configuração do terminadouro solar e dos meridianos geográfico e magnético, respectivamente, para um dia genérico, numa estação equatorial magnética onde a declinação magnética é de  $20^\circ$  O (região F equatorial brasileira).



**Figura 1** – Esquema mostrando o alinhamento entre o terminadouro solar e o meridiano magnético. A linha tracejada representa o meridiano geográfico, a linha contínua o meridiano magnético, a fronteira entre a região clara e a região escura representa o terminadouro solar e  $\delta_m$  é a declinação magnética. Fonte: Figura adaptada de Pimenta (2022). Estudo da Deriva Zonal e Dinâmica das Bolhas de Plasma na Região Tropical. 2002. Tese (Doutorado em Geofísica Espacial) - Instituto Nacional de Geofísica Espacial.

**Esquematize essa mesma configuração para o solstício de inverno (21/06) e para o solstício de verão (21/12) e descreva como cada configuração pode explicar as irregularidades observadas nos ionogramas.**

Obs.: suas respostas poderão ser ilustradas com gráficos, diagramas ou figuras esboçadas manualmente.

- 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

