



# INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL – INPE

## SENSORIAMENTO REMOTO E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (PQ013)



### 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 Inteligência Artificial (IA) associada à Internet das Coisas (IoT) constituem juntas uma *tecnologia disruptiva* que se preocupa com a construção de modelos, máquinas e sistemas inteligentes capazes de aumentar, automatizar e acelerar as principais tarefas do dia-a-dia que normalmente requerem inteligência humana. Com o recente avanço na ciência e na engenharia de dados, juntamente com a revolução na tecnologia digital de sensores e de satélites, a IA tem melhorado diversas aplicações nos diversos setores de estudo e monitoramento ambiental.

No contexto do sensoriamento remoto, com suporte de Aprendizagem de Máquina, a *abordagem espacialmente explícita* tem sido fundamental para o aprimoramento da modelagem de processos complexos que envolvem o uso e mudanças de cobertura da Terra (*Land Use and Cover Change* – LUCC). Em muitas aplicações com Sistemas de Informação Geográfica (SIG), esta abordagem pode combinar mapas específicos, obtidos por sensoriamento remoto, com variáveis socioeconômicas, fundiárias e biofísicas, coletadas ou medidas nas regiões de interesse. A análise estatística integrada de uma grande quantidade de dados, tem possibilitado, por exemplo, entender melhor os processos de ocupação e desmatamento na região Amazônica, assim com aprimorar o seu monitoramento em tempo real, além de possibilitar o uso de *drones*, com suporte de aprendizagem profunda, para mapear indicadores de restauração florestal.

Com base no contexto acima, responda aos itens a seguir.

- A) Considerando a Modelagem Estatística Espacialmente Explícita (MEEE) com suporte de Aprendizagem de Máquina (AM),
- A<sub>1</sub> apresente possíveis tipos de dados utilizados para a MEEE da Região Amazônica.
  - A<sub>2</sub> indique os métodos e as técnicas básicas de AM (supervisionadas e não-supervisionadas) empregados em MEEE.
  - A<sub>3</sub> indique o método de AM em LUCC mais indicado para avaliar o estudo do desmatamento da Região Amazônica com MEEE.
- B) Metodologias de IA, baseadas em Redes Neurais Artificiais, podem ser eficazes na análise de dados relacionados ao meio ambiente florestal. Considerando a necessidade de realizar Previsões de Séries Temporais relacionadas ao estudo e monitoramento de queimadas,
- B<sub>1</sub> descreva as vantagens e desvantagens de utilizar Redes Neurais Recorrentes (RNR) para previsão de séries temporais relacionadas à circulação e umidade do ar nas áreas de interesse.
  - B<sub>2</sub> indique outras abordagens alternativas, nos casos em que a aplicação de RNN seja considerada ineficaz.
- C) Os principais pré-requisitos para desenvolver e aplicar IA de forma efetiva em Sensoriamento Remoto é o acesso a conjuntos de dados explanatórios de grande volume e alta qualidade, infraestrutura de rede da Internet das Coisas (IoT), tecnologia avançada (câmera de alta resolução, tecnologia de satélite, sensores, e *veículos pilotados de forma remota*) e, de forma crucial, de espaço computacional e armazenamento. O acesso a uma combinação desses requisitos motivou a pesquisa de aplicação de IA em muitos domínios da conservação da biodiversidade, onde se destaca a necessidade de projetos para ações de restauração florestal.
- Dentro de uma perspectiva LUCC, com suporte de IA,
- C<sub>1</sub> apresente soluções de IA para levantamento e monitoramento de dados de espécies de árvores que sirvam como indicadores para restauração florestal.
  - C<sub>2</sub> apresente soluções de Aprendizagem Profunda para classificação de espécies a partir de imagens digitais, e/ou para a análise de regressão, entre os atributos de heterogeneidade do modelo de altura do dossel e outros dados.

- 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

---

Técnicas de aprendizado de máquina têm sido bastante utilizadas nas últimas décadas, principalmente em conjuntos de dados compostos por imagens de satélite. *Redes Neurais Artificiais* tiveram seu auge nas décadas de 80 e 90, com posterior declínio por conta da introdução das Máquinas de Vetores de Suporte em meados de 1994. No entanto, em 2012, as redes neurais voltaram em evidência por conta de suas versões para aprendizado profundo, tais como *Redes Neurais Convolucionais*.

Considere o problema de classificação de imagens multiespectrais (5 bandas) de satélite com 256x256 pixels, em que o objetivo final é realizar a identificação de determinados alvos. É providenciada uma base com 100 imagens anotadas e 900 imagens sem anotação, em que uma máscara cujos pixels com valor 0 denotam o alvo de interesse (*foreground*) como, por exemplo, uma área construída, e pixels com valores iguais a 255 correspondem ao fundo (*background*) da imagem. Ademais, é solicitado que o modelo retorne, para cada pixel, a sua probabilidade de pertencer ao alvo desejado.

**A) Projete uma arquitetura neural baseada em *Perceptron* multicamadas (MLP – *Multilayer Perceptron*) que receba as imagens da base e retorne uma imagem de saída em que o valor de cada pixel corresponde à probabilidade de pertencer ao alvo de interesse. Como características de entrada, considere os tons de cinza dos pixels da imagem multibandas.**

Defina e justifique os seguintes itens:

A<sub>1</sub> a quantidade de camadas.

A<sub>2</sub> a quantidade de neurônios por camada.

A<sub>3</sub> a função de ativação utilizada em cada uma delas.

**B) Discorra e justifique sua escolha sobre os seguintes tópicos:**

B<sub>1</sub> a metodologia de treinamento que faz uso de toda a base de dados disponível.

B<sub>2</sub> a estratégia de atualização de pesos e hiperparâmetros que você usaria.

B<sub>3</sub> a função de custo que você adotaria.

- 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

---

Os *Sistemas de Informação Geográfica* (SIGs) são uma importante ferramenta para estudo e compreensão de diversas atividades desenvolvidas pelo ser humano. Como o nome já indica, tais estudos guardam relação direta com a localização geográfica de edifícios, instalações, fenômenos climáticos, entre outros.

Sobre os *Sistemas de Informação Geográfica* responda aos seguintes itens.

A<sub>1</sub> Apresente o conceito e formas de utilização.

A<sub>2</sub> Apresente alguns tipos de aplicações dos SIGs.

B) Considerando a análise espacial,

B<sub>1</sub> apresente os conceitos de análise espacial e de geoprocessamento.

B<sub>2</sub> descreva as formas de utilização dos SIGs na análise espacial e no geoprocessamento.

C) No que se refere ao sensoriamento remoto,

C<sub>1</sub> apresente o conceito de sensoriamento remoto.

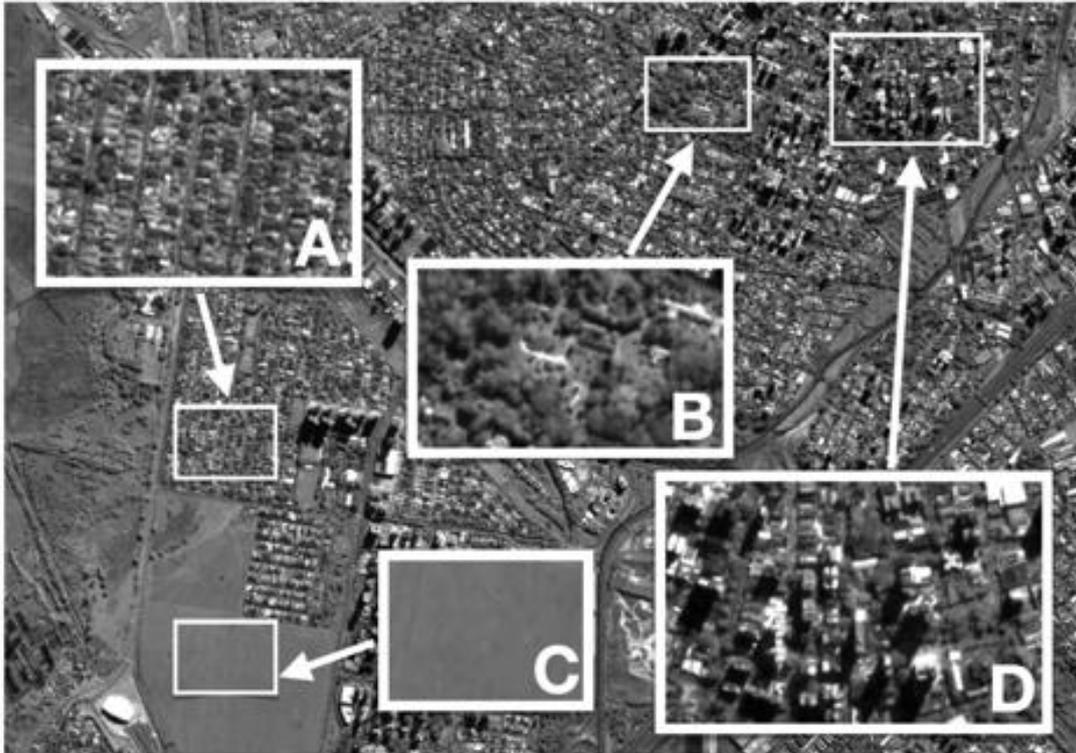
C<sub>2</sub> descreva como é realizada a integração de dados de sensoriamento remoto com outras fontes de informação geoespacial, quando se consideram os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs).

- 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 satélite CBERS-4A possui o sensor WPM que provê dados das seguintes bandas: uma banda *pancromática* entre os comprimentos de onda da energia eletromagnética  $0,45\mu\text{m}$  a  $0,90\mu\text{m}$  e quatro *multiespectrais* nos comprimentos de onda da luz visível *azul* (entre  $0,45\mu\text{m}$  e  $0,52\mu\text{m}$ ), *verde* (entre  $0,52\mu\text{m}$  e  $0,59\mu\text{m}$ ), *vermelho* (entre  $0,63\mu\text{m}$  e  $0,69\mu\text{m}$ ) e *infravermelho* ( $0,77\mu\text{m}$  e  $0,89\mu\text{m}$ ). A resolução espacial do dado da banda *pancromática* é de 2 metros e a das bandas *multiespectrais* é de 8 metros.



- Apresente a razão pela qual a banda *pancromática* tem uma resolução espacial melhor (de 2 metros) do que a resolução espacial das bandas *multiespectrais* (de 8 metros).
- Associe as regiões ampliadas identificadas pelas letras A, B, C e D na imagem *pancromática* aos alvos “*área urbana com casas*”, “*área urbana com prédios*”, “*parques arborizados*” e “*áreas de gramado*”.
- Indique os atributos (as chaves de classificação) da imagem *pancromática* que podem ser utilizados para identificar visualmente os alvos “*área urbana com casas*”, “*área urbana com prédios*”, “*parques arborizados*” e “*áreas de gramado*”.
- Apresente uma técnica de Inteligência Artificial para classificar outras regiões da mesma imagem com as 4 classes de alvos mencionados acima e explique o procedimento de aplicação da técnica apresentada.

- 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 classificação do uso e cobertura da Terra é um dos tópicos mais populares e desafiadores no processamento de imagens de sensoriamento remoto. Para um mapeamento consistente no espaço e no tempo, uma série de pré-processamentos deve ser considerada, como as conversões radiométricas, a geração de índices espectrais e a preparação dos dados na região selecionada. Além disso, a classificação supervisionada demanda a criação de amostras representativas, aplicação de algoritmo de aprendizado de máquina e validação dos resultados. Nesse contexto, a obtenção de mapas de cobertura terrestre a partir de dados de média resolução espacial coletados pelo sensor OLI (*Operational Land Imager*) a bordo do Landsat-9 é fundamental para inúmeras aplicações práticas e científicas.

**Desse modo, redija um texto sobre as principais etapas da classificação supervisionada do uso e da cobertura da Terra em imagens de sensoriamento remoto, descrevendo**

- A) o pré-processamento das imagens.**
- B) a preparação de amostras de treinamento.**
- C) a seleção e o treinamento do algoritmo de inteligência artificial.**
- D) a classificação e a validação dos resultados.**

*Obs.: assumo o uso das imagens do Landsat-9 OLI obtidas no nível-1 de processamento (georeferenciada, ortoretificada, e valores em números digitais no "topo da atmosfera"), e selecione 1 (um) algoritmo de inteligência artificial para aplicação.*

- 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

