



# INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL – INPE

## MODELAGEM DO SISTEMA TERRESTRE (PQ010)



### 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 abordagem espacialmente explícita é 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. Com o advento da *Ciência de Dados*, a análise estatística integrada de uma grande quantidade de atributos e de instâncias, tem possibilitado, por exemplo, entender melhor os processos de ocupação e desmatamento na Região Amazônica.

Considerando, de forma genérica, mapas da Região Amazônica obtidos a partir do LANDSAT, e dados com potencial explanatório (levantados, por exemplo, pelo IBGE, IBAMA, FUNAI, CPRM e INCRA), responda aos itens a seguir.

- A) Defina-se como *Ciência de Dados*, o quarto paradigma epistemológico a partir do qual novos conhecimentos dependem da mineração automática de informação em grandes volumes de dados (comumente chamados de *Big Data*). Neste contexto:
- A<sub>1</sub> Apresente exemplos de métodos e técnicas básicas, de estatística computacional, baseada em aprendizagem de máquina.
  - A<sub>2</sub> Discuta a aplicação, de um dos métodos apresentados em a<sub>1</sub>, na *modelagem estatística espacialmente explícita* utilizada em LUCC.
- B) Descreva de forma sucinta o significado de *modelo espacialmente explícito* em LUCC.
- C) Apresente uma propriedade fundamental do processo de propagação do desmatamento, comumente caracterizada, quando se considera a abordagem espacialmente explícita num contexto dinâmico.
- D) Na aplicação de um dos métodos básicos de ciência de dados (agrupamento, classificação ou regressão), envolvido na integração entre dados de sensoriamento remoto e dados explanatórios, você optaria pelo uso de bibliotecas e programação de algoritmos *Open Source* em uma linguagem de ciência de dados (Python ou R), ou optaria pela utilização e customização de aplicativos e/ou plataformas como Weka, Orange, ou outras mais específicas? Especifique e justifique uma das opções.

- 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

---

O processo de degradação florestal pode ser definido (inclusive para fins dessa questão de prova) como *mudanças deletérias, de longo prazo ou transitórias, em características da floresta. Essas características incluem funções, propriedades, ou serviços como, estoque de carbono, produtividade biológica, composição de espécies, estrutura florestal, umidade atmosférica local, ou usos e valores da floresta para os humanos.*

Artigos científicos recentes (últimos 5 anos) têm evidenciado que o processo de degradação florestal na Amazônia ocasionou emissões de carbono nos últimos 10 a 20 anos que são pelo menos equivalentes ou até mesmo maiores que aquelas derivadas do processo de desmatamento na região. Em termos de extensão territorial há estimativas, conservadoras por sinal, de que 38% das florestas remanescentes, isto é, florestas primárias não desmatadas, estiveram sujeitas a algum tipo de distúrbio relacionado à degradação no período de 2001-2018.

Considerando essas evidências, responda aos itens a seguir.

- A) Do ponto de vista de classificação e mudança da cobertura florestal, diferencie o processo de degradação florestal do processo de desmatamento na Amazônia.**
- B) Cite três causas imediatas da degradação florestal na Amazônia, isto é, os principais distúrbios que levam à degradação.**
- C) Explique (e faça um desenho conceitual se necessário) uma maneira pela qual poderíamos modelar a degradação florestal na Amazônia.**

Sua resposta deve considerar:

- C<sub>1</sub> Ao menos um distúrbio causador de degradação.**
- C<sub>2</sub> Uma característica da floresta sujeita à degradação que será modelada.**
- C<sub>3</sub> Como será feita a projeção da evolução do distúrbio mencionado em resposta ao Item C<sub>1</sub>.**
- C<sub>4</sub> A intensidade (qualitativa: forte, média, fraca) pela qual o distúrbio mencionado em resposta do Item C<sub>1</sub> afeta a característica mencionada em resposta ao Item C<sub>2</sub>.**

- 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

---

As mudanças no Uso e na Cobertura da Terra (LUCC) exercem influências significativas nonexo Água-Energia-Alimentos (WEF), cujas dinâmicas intrínsecas são moldadas por alterações no LUCC. Modelos são utilizados para aprimorar o entendimento dessas interações, identificando *trade-offs*, sinergias e consequências das alterações no LUCC.

Neste contexto, a governança é crucial para o nexo, garantindo a coordenação e a integração de processos de tomada de decisão que promovam a otimização de sinergias (interações com efeitos positivos) e a mitigação de *trade-offs* (interações com efeitos negativos) para a gestão sustentável dos recursos. Este tipo de gestão de recursos é definido como segurança, no enfoque do nexo, para representar as seguranças hídrica, energética e alimentar. Nos ecossistemas florestais, esse tipo de vegetação desempenha um papel fundamental na manutenção do nexo WEF.

**Com base nessas considerações, responda aos itens a seguir.**

- A) Em um ecossistema florestal, apresente um exemplo que destaque *um trade-off* e uma sinergia para cada uma das seguintes relações:**
- A<sub>1</sub> Expansão agrícola versus segurança hídrica.**
  - A<sub>2</sub> Expansão agrícola versus segurança energética.**
  - A<sub>3</sub> Expansão agrícola versus segurança alimentar.**
  - A<sub>4</sub> Expansão agrícola versus ecossistemas florestais.**
  - A<sub>5</sub> Expansão agrícola versus comunidades locais.**
- B) A integração de conjuntos de dados espaciais e não espaciais permite uma modelagem abrangente do nexo água-energia-alimentos. Liste dois exemplos de dados espaciais e dois não espaciais para cada componente desse nexo para modelar os efeitos da expansão agrícola em uma região de floresta com populações locais.**

- 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

---

Modelos de mudanças de uso e cobertura da terra (*Land Use and Cover Change* - LUCC) são ferramentas importantes para entender como essas mudanças estão relacionadas aos fatores naturais e socioeconômicos. Entre estes modelos, os não espaciais têm como foco a taxa e a magnitude das mudanças sem considerar sua distribuição no espaço. Já os modelos espacialmente explícitos oferecem representações detalhadas das mudanças, indicando como o uso/cobertura da terra está mudando em cada pixel ou área específica (polígonos, células, unidades administrativas...).

- A) **Entre os modelos espacialmente explícitos, há aqueles que têm como principal unidade de modelagem as áreas de terreno, como pixel, células ou polígonos. Um exemplo são os modelos baseados em cadeia de Markov, conhecido como CA-Markov.**
- A<sub>1</sub> **Descreva, simplificadamente, como ocorre o processo de simulação de mudanças de uso e cobertura nessa abordagem.**
  - A<sub>2</sub> **Apresente, pelo menos, uma vantagem dessa abordagem.**
  - A<sub>3</sub> **Indique, pelo menos, uma desvantagem dessa abordagem.**
- B) **Existem modelos espaciais que modelam explicitamente os agentes responsáveis pelas mudanças, como indivíduos, grupos ou entidades. Estes modelos são conhecidos na literatura como modelos baseados em agentes (*Agent-Based Models* – ABM).**
- B<sub>1</sub> **Descreva, simplificadamente, como essa abordagem modela as mudanças de uso e cobertura.**
  - B<sub>2</sub> **Cite, pelo menos, uma motivação para a sua utilização nos modelos LUCC.**
  - B<sub>3</sub> **Cite, pelo menos, um desafio para a sua utilização nos modelos LUCC.**

- 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

---

Durante o desenvolvimento de modelos computacionais espacialmente explícitos três processos precisam ser realizados: parametrização, calibração e validação dos modelos. A natureza espacial dos dados de entrada e saída trouxe novos desafios aos métodos utilizados nesses processos.

Nesse contexto, responda aos itens a seguir.

- A) A calibração e a validação dos modelos computacionais podem exigir a comparação de mapas observados com mapas que resultam da execução destes modelos. Considere mapas matriciais formados por células retangulares e que os mapas simulados e observados usem a mesma legenda de categorias.
- A<sub>1</sub> A comparação célula a célula desses mapas é uma boa abordagem para determinar a similaridades entre os mapas?  
A<sub>2</sub> Quais as principais causas dos problemas encontrados pela comparação célula a célula?
- B) Enumere, no mínimo, 3 melhorias propostas na literatura para as medidas de qualidade de ajuste (*goodness-of-fit*) ou para os métodos utilizados para comparação de mapas matriciais (formados por células retangulares), que são utilizados nos processos de calibração e validação de modelos espacialmente explícitos.
- C) Na preparação de dados para a calibração e a validação de modelos dinâmicos espacialmente explícitos é preciso dividi-los em dois conjuntos.
- C<sub>1</sub> Explique porque estes conjuntos de dados devem ser distintos.  
C<sub>2</sub> Quais hipóteses de trabalho precisam ser assumidas ao se particionar os dados no espaço (mesmo intervalo de tempo)?  
C<sub>3</sub> Quais hipóteses de trabalho precisam ser assumidas ao se particionar os dados no tempo (mesma região de espaço)?
- D) Sobre a validação de modelos de mudança de uso e cobertura do solo (LUCC) espacialmente explícitos:
- D<sub>1</sub> explique o modelo neutro (*null model*) usado nesse processo?  
D<sub>2</sub> indique o fato que justificou a proposição dos modelos neutros.

- 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

