

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

AGRICULTURA DIGITAL

Nome:

Matrícula:

INSTRUÇÕES

- Responda de forma dissertativa, fundamentando suas respostas com base em literatura científica e exemplos práticos.
- Sempre que possível, utilize equações, representações gráficas e dados hipotéticos ou reais para embasar os argumentos.
- O uso de softwares de geoprocessamento, planilhas e linguagens de programação (Python, R) é incentivado.

QUESTÕES

01) Um produtor pretende adotar agricultura de precisão para manejo localizado de fertilizantes em uma área de 150 ha. Para isso, pretende utilizar GNSS de alta precisão.

- a) Compare e discuta criticamente as principais tecnologias de posicionamento aplicadas à agricultura digital (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou), abordando aspectos como disponibilidade, precisão, cobertura e integrabilidade.
- b) Explique o funcionamento do RTK (Real-Time Kinematic) e do PPP (Precise Point Positioning) no contexto agrícola, discutindo suas vantagens e limitações em relação ao uso para mapeamento de produtividade.
- c) Considerando uma operação de aplicação localizada em tempo real, calcule o impacto de um erro sistemático de 10 cm na taxa de sobreposição ou falha de aplicação em um talhão retangular de 500 m x 300 m, com passadas de barra de 30 m, e discuta as implicações econômicas e ambientais.

02) Uma plantação de milho foi monitorada por drone equipado com câmera multiespectral, obtendo imagens com bandas no verde (G), vermelho (R) e infravermelho próximo (NIR).

- a) Explique como índices de vegetação como NDVI, NDRE e GNDVI podem ser usados para identificar variações intra-talhão, discutindo as limitações de cada um no ciclo da cultura.
- b) Proponha um protocolo detalhado para aquisição de imagens, considerando altura de voo, sobreposição, horário do dia e calibração radiométrica. Justifique tecnicamente cada escolha.
- c) Dadas as seguintes reflectâncias médias para três pontos da lavoura:

Ponto	G	R	NIR
1	0.12	0.09	0.48
2	0.15	0.13	0.44
3	0.10	0.11	0.38

Calcule o NDVI para cada ponto e discuta o que cada valor indica sobre a condição da planta, relacionando com possíveis intervenções de manejo.

03) Uma área agrícola foi amostrada para teor de fósforo no solo (P, mg/dm³). Após a análise, foi calculado um variograma experimental.

- Descreva detalhadamente o processo de construção de um variograma experimental e ajuste de modelos teóricos (esférico, exponencial e gaussiano), incluindo a interpretação dos parâmetros efeito pepita (C_0), patamar (C) e alcance (a).
- Explique como a análise do efeito pepita pode indicar problemas de amostragem e sugerir melhorias no plano amostral.
- Com base nos seguintes parâmetros ajustados para o modelo esférico: $C_0 = 5$, $C = 20$, $a = 120$ m, calcule a semivariância para uma distância de 80 m e interprete o resultado.
- Explique como a krigagem ordinária poderia ser usada para mapear o P no solo e como avaliar a qualidade da interpolação.

04) Você dispõe de dados de NDVI, produtividade e teor de matéria orgânica do solo de um talhão de 100 ha.

- Descreva uma metodologia detalhada para integrar essas variáveis e gerar zonas de manejo utilizando técnicas de análise multivariada (ex.: PCA, análise de cluster). Justifique a escolha dos métodos.
- Discuta as vantagens e desvantagens de se trabalhar com zonas de manejo estáticas (fixas ao longo dos anos) versus zonas dinâmicas (ajustadas anualmente).
- Proponha critérios técnicos para definir o número ideal de zonas e indique como validar a eficácia dessas zonas no aumento da eficiência do uso de insumos.

05) Um grupo de pesquisadores está avaliando o impacto de diferentes estratégias de manejo localizado de nitrogênio em uma lavoura de trigo. Para isso:

- Usaram GNSS RTK para navegação e registro das aplicações;
- Monitoraram a lavoura com imagens multiespectrais de drone em três datas críticas do ciclo;
- Integraram os dados de NDVI, condutividade elétrica do solo e histórico de produtividade para definir zonas de manejo.

Elabore um **plano metodológico completo** para esse experimento, contemplando:

- a) Estratégia de amostragem e densidade de pontos para solo e planta.
- b) Fluxo de processamento dos dados (do campo ao mapa final).
- c) Análises estatísticas e geoestatísticas a serem realizadas.
- d) Critérios para avaliação do sucesso da estratégia de manejo.

06) A melhoria da precisão de posicionamento por satélite pode ser obtida com a integração de sistemas. Diante disso, faça uma busca nas literaturas especializadas e explique como a fusão de dados GNSS + INS (Inertial Navigation System) pode melhorar a precisão em operações agrícolas sob dossel arbóreo, detalhando o papel de algoritmos como o filtro de Kalman no processo.

07) Um levantamento multiespectral foi realizado em dias diferentes e sob diferentes condições atmosféricas. Explique como a variabilidade atmosférica afeta os índices de vegetação e proponha um método quantitativo para corrigir esses efeitos usando alvos de referência no campo.

08) Uma imagem Sentinel-2 (10 m de resolução) indica anomalias em NDRE em uma área de soja em V3. Explique como validar se a causa está associada à deficiência de nitrogênio ou a uma praga de solo, considerando inspeção de campo, dados auxiliares e análise temporal.

09) Projete um índice espectral específico para detectar estresse hídrico em eucalipto em fase inicial, usando bandas disponíveis no Sentinel-2, e justifique a seleção das bandas com base na fisiologia da planta.

10) Proponha um plano de amostragem para fósforo no solo que maximize a eficiência, iniciando com grade regular e ajustando densidade em áreas de alta variabilidade detectadas pelo variograma.

11) Explique como aplicar cokrigagem usando CE aparente como variável secundária para interpolar teores de K no solo, incluindo requisitos de correlação e pré-processamento.

12) Você decidiu instalar um sistema de posicionamento local na sua fazenda, em vez de usar um sistema de posicionamento global como o GPS. Para isso, você alocou três pontos fixos na sua propriedade em relação um sistema cartesiano (Nort-M e Lest-M). A origem do sistema está sobre a sede da fazenda, e as coordenadas dos pontos de referência são:

Ponto 1: -5 unidades Nort-M e -5 unidades Lest- M

Ponto 2: 2 unidades Nort- M e 4 unidades Lest- M

Ponto 3: -2 unidades Nort- M e 5 unidades Lest- M

O sensor colocado em trator mandou um sinal para a Sede informando que ele está a uma distância de 11, 2 e 3 unidades dos Pontos 1, 2 e 3, respectivamente. Determine, graficamente, usando o mesmo princípio de triangulação do GPS. Onde está o trator?

PS.: utilize papel milimetrado para resolução da questão

13) Considerando o banco de dados abaixo, determine, manualmente, os variogramas experimentais para os sentidos de X e de Y. A partir dos dados calculados, plot sobre o gráfico dos variogramas experimentais, as curvas dos variogramas teóricos. Considere para tal, o modelo esférico com valores de $C_0 = 1$; $C_1 = 5$; $a = 6$.

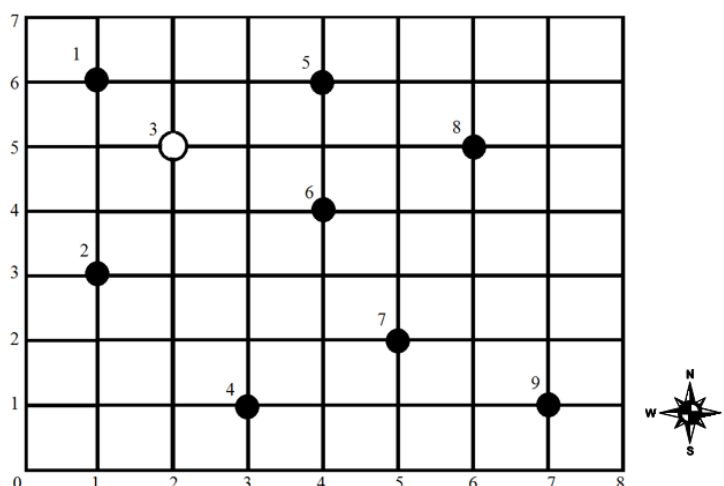
ID	X	Y	Z
1	1	1	2
2	1	2	5
3	1	3	5
4	1	4	3
5	1	5	2
6	1	6	3
7	1	7	4
8	1	8	3
9	1	9	2
10	2	1	3
11	2	2	1
12	2	3	4
13	2	4	2
14	2	5	4
15	2	6	3
16	2	7	5
17	2	8	4
18	2	9	0
19	3	1	1
20	3	2	2
21	3	3	6
22	3	4	3
23	3	5	6
24	3	6	5
25	3	7	3
26	3	8	4
27	3	9	2
28	4	1	2
29	4	2	4
30	4	3	6
31	4	4	5
32	4	5	7
33	4	6	6
34	4	7	4
35	4	8	5
36	4	9	3
37	5	1	3
38	5	2	4
39	5	3	7
40	5	4	6

ID-Continuação	X-Continuação	Y-Continuação	Z-Continuação
41	5	5	7
42	5	6	7
43	5	7	7
44	5	8	5
45	5	9	4
46	6	1	4
47	6	2	1
48	6	3	1
49	6	4	0
50	6	5	1
51	6	6	7
52	6	7	3
53	6	8	7
54	6	9	6
55	7	1	6
56	7	2	1
57	7	3	0
58	7	4	1
59	7	5	0
60	7	6	2
61	7	7	4
62	7	8	3
63	7	9	8
64	8	1	7
65	8	2	4
66	8	3	3
67	8	4	3
68	8	5	2
69	8	6	2
70	8	7	1
71	8	8	4
72	8	9	7
73	9	1	0
74	9	2	7
75	9	3	0
76	9	4	4
77	9	5	2
78	9	6	3
79	9	7	5
80	9	8	6
81	9	9	9

14) Com base nas informações abaixo, calcule o valor da variável Z no ponto 3 utilizando o método da krigagem.

Considere a equação
$$\tilde{C}(h) = \begin{cases} C_0 + C_1 & \text{se } |h| = 0 \\ C_1 \exp\left(\frac{-3 \cdot |h|}{a}\right) & \text{se } |h| > 0 \end{cases}$$
 e os valores de $C_0=1$; $a=15$; $C_1=10$:

ID	Z
1	15
2	14
4	11
5	9
6	12.7
7	3.8
8	21
9	17.4



15) Projete um experimento em faixas para validar zonas de manejo em taxa variável de nitrogênio no trigo, incluindo delineamento estatístico e métricas de avaliação econômica e agronômica.

16) Em uma operação com drones para aplicação de micronutrientes, discuta como otimizar simultaneamente: precisão de posicionamento, cobertura diária e custo operacional, considerando restrições meteorológicas.

17) Discuta as dificuldades e métodos para comparar NDVI obtido por drone (multiespectral) e por Sentinel-2, considerando resolução espacial, radiometria e geometria.

18) Explique como usar dados de colheita (mapas de produtividade) para recalibrar modelos de recomendação de adubação em zonas de manejo para a próxima safra.

19) Explique como detectar padrões persistentes de estresse hídrico em cana-de-açúcar usando séries temporais de NDVI e NDWI.

20) Descreva como monitorar e quantificar a resposta das plantas a um manejo localizado, integrando mapas de aplicação, NDVI e dados climáticos.