

# Guia de Zoneamento de Manejo

Metodologia, ferramentas e aplicação prática de agricultura de precisão

O zoneamento de manejo é a base da agricultura de precisão. Consiste em dividir um talhão em zonas homogêneas que respondem de forma diferente aos insumos, permitindo aplicação a taxa variável (VRA) e otimização de recursos. Este guia apresenta a metodologia passo a passo validada por pesquisas da Embrapa e USDA.

## 1. Fundamentos do Zoneamento

O conceito central é que a variabilidade espacial do solo e da planta determina a necessidade diferenciada de insumos. Em vez de aplicar uma dose uniforme em todo o talhão, o zoneamento permite adaptar a adubação, calagem, semeadura e irrigação às características de cada zona.

### 1.1 Camadas de Informação Recomendadas

Camada	Fonte	Resolução Mínima	Aplicação
Produtividade	Mapa de colheita	Submetro	Identifica zonas de alta/baixa produtividade histórica.
NDVI / NDRE	Satélite / Drone	10 m / 5 cm	Detecta vigor vegetativo e estresse nutricional.
Condutividade Elétrica	Sensor EM38 / Veris	10 m	Indica textura, umidade e salinidade do solo.
Análise de Solo	Amostragem geo	1 ha / grade 100 m	Fornecer pH, P, K, Ca, Mg, matéria orgânica.
Elevação / Relevo	GPS RTK / Lidar	5 m	Identifica zonas de acúmulo de água e erosão.
Umidade do Solo	Sensores AgroB	Ponto	Monitora comportamento hídrico em tempo real.

## 2. Metodologia Passo a Passo

### Passo 1: Coleta e Organização dos Dados

Reuna todos os mapas históricos em formato digital (Shapefile, GeoTIFF, etc.). Normalize as projeções para SIRGAS 2000 (EPSG:4674) ou UTM. Importe os dados para um GIS (QGIS recomendado) e sobreponha todas as camadas ao mesmo sistema de coordenadas.

### Passo 2: Análise de Correlação

Calcule a correlação entre as camadas (ex: produtividade vs. NDVI). Identifique as camadas que mais influenciam a produtividade e devem ser priorizadas. Elimine camadas redundantes para evitar overfitting.

### Passo 3: Geração de Mapas Temáticos

No módulo Mapeamento do AgroB, gere mapas de: (a) produtividade histórica, (b) produtividade potencial do ciclo, (c) classes de condutividade elétrica (baixa < 10, média 10-20, alta > 20).

### Passo 4: Classificação das Zonas

Utilize clusterização k-means ou classificação supervisionada. Exemplo prático: Zona 1 (Alta) = NDVI > 0,75 + CE média + produtividade > 60 sc/ha; Zona 2 (Média) = NDVI > 0,60-0,75 + produtividade 45-60 sc/ha; Zona 3 (Baixa) = NDVI < 0,60 + produtividade < 45 sc/ha.

### Passo 5: Definição de Prescrições Agronômicas

Para cada zona, defina doses de insumos com base na necessidade. Exemplo para soja:

- Zona Alta: 250 kg/ha de NPK 02-20-20
- Zona Média: 300 kg/ha de NPK 02-20-20

- Zona Baixa: 350 kg/ha de NPK 02-20-20 + 2 t/ha de calcário

#### **Passo 6: Geração do Arquivo VRA**

Exporte o mapa de prescrição no formato Shapefile (.shp) para os fabricantes (Trimble, John Deere, Case, Valtra). O AgroB oferece a opção de importação direta.

#### **Passo 7: Aplicação e Monitoramento**

Carregue o arquivo no trator/pulverizador e aplique. Monitore a aplicação e a colheita, gere novo mapa de produtividade e compare com o zoneamento.

# Guia de Zoneamento de Manejo

Exemplo Prático, Estratégias e Refinamento

## 3. Caso Prático: Fazenda Santa Helena — Soja

Propriedade localizada em Goiás, com talhão de 150 ha de soja. Após 3 safras de produtividade heterogênea (38 a 62 sc/ha), a equipe técnica aplicou o zoneamento de manejo com os seguintes resultados:

Zona	Área (ha)	Prod. Hist. (sc/ha)	NDVI Médio	Prescrição NPK	Resultado (sc/ha)
1 - Alta	55	58	0,78	250 kg/ha 02-20-20	65
2 - Média	72	48	0,66	300 kg/ha 02-20-20	54
3 - Baixa	23	38	0,52	350 kg/ha 02-20-20 + calcário	48

Ø=Üj DICA: O aumento médio de produtividade foi de 12% (50 !' 56 sc/ha), com economia de 18% no custo de fertilizantes devido à aplicação mais direcionada. O ROI do zoneamento foi alcançado na primeira safra.

## 4. Estratégias de Refinamento Anual

- Sempre que possível, use pelo menos 3 anos de mapas de produtividade para validar a estabilidade das zonas.
- Zonas que mudam de classe a cada ano indicam problema pontual (pragas, acúmulo de água) e não característica do solo.
- Adicione novas camadas ao longo do tempo: mapas de pragas, análise foliar, imagens de drones multiespectrais.
- Revise as prescrições anualmente com base nos custos dos insumos e no preço da commodity.
- Documente as práticas de cada zona (data de plantio, densidade, variedade) para análise comparativa.

## 5. Fórmulas de Referência

Índice de Variabilidade (IV) = Desvio Padrão da Produtividade / Média da Produtividade

- IV < 0,15: talhão homogêneo, zoneamento pouco efetivo
- IV 0,15 - 0,30: talhão moderadamente variável, zoneamento recomendado
- IV > 0,30: talhão altamente variável, zoneamento altamente recomendado

Dose Econômica por Zona = (Expectativa de Produtividade x Exigência Nutricional) - (Teor do Solo x Fator de Correção)

Onde:

- Expectativa de Produtividade (kg/ha)
- Exigência Nutricional (kg nutriente / tonelada de grão)
- Teor do Solo (mg/dm<sup>3</sup> ou cmolc/dm<sup>3</sup>)
- Fator de Correção = Eficiência de Aplicação x Coeficiente de Resposta



