

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
PARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL

## Mecanização Agrícola

Prof. Samuel de Assis Silva  
DERU/UFES

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
PARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL

## Simulação de Sistemas Mecanizados

Prof. Samuel de Assis Silva  
DERU/UFES

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
PARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL

## Capacidade Operacional dos Sistemas Mecanizados

Prof. Samuel de Assis Silva  
DERU/UFES

## Terminologias

### • Capacidade de Campo

- Efetiva ( $C_e$ ) – razão entre o desempenho atual em tempo dado e o tempo total de campo.
- Teórica ( $C_t$ ) – razão de desempenho obtida, se a máquina trabalhar com 100% do tempo a velocidade nominal, utilizando 100% de sua largura nominal

## Terminologias

- **Tempo total de campo:** é a soma do tempo operacional efetivo com os tempos perdidos
- **Tempos perdidos:**
  - Proporcionais à área trabalhada: *obstruções no campo, embuchamentos, reabastecimentos de reservatórios, manobras de cabeceira, etc.*
  - Proporcionais ao tempo operacional efetivo: *paradas para descanso, para ajustes ou verificações de equipamentos, etc.*
  - Relacionados com a confiabilidade das máquinas: *quebra de componentes, mau desempenho das funções, etc.*

## Terminologias

### • Eficiência

- De Campo ( $E_{fc}$ ) – razão entre a capacidade de campo efetiva e a capacidade de campo teórica

$$E_{fc} = C_e/C_t$$

- De Tempo ( $E_{ft}$ ) – razão entre o tempo efetivo e o tempo total de campo

$$E_{ft} = T_e/T_{tc}$$

$$T_{tc} = T_e + T_{pn} + T_{pp}$$

$T_e$  – tempo efetivo por unidade de área       $T_{tc}$  – tempo total de campo  
 $T_{pn}$  – tempo perdido não proporcional a área  
 $T_{pp}$  – tempo perdido proporcional a área

## Terminologias

### • Largura de Trabalho

- Efetiva – é a largura com a qual a máquina efetivamente opera
- Teórica – é a largura obtida com a medida da parte operacional da máquina

*Para máquinas com múltiplas linhas, é a largura entre linhas multiplicada pelo número de linhas*

## Objetivos

Definição da área a ser trabalhada em um determinado tempo

O tempo gasto para trabalhar uma determinada área

Quantas máquinas e implementos tenho que comprar para realizar a atividade em tempo hábil

Qual o tamanho das máquinas e implementos a serem adquiridos

A eficiência dos trabalhos realizados e as possibilidades de melhoria da qualidade e eficiência das operações

## Fatores que mais afetam

Habilidade do operador

Formato da área

Métodos de trabalhos

Tempos perdidos (manobra, descanso do operador, reposição de insumos, descarregamento, etc)

## Fatores que mais afetam

Manobras de Cabeceira

- É necessário estabelecer uma maneira eficiente para reduzir a quantidade de manobras e a distância percorrida na virada
- O modo de realizar as operações no campo esteja intimamente relacionado com o tamanho e a forma da gleba

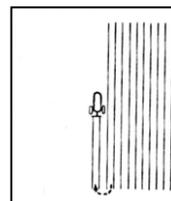
## Manobras de Cabeceira

São dependentes do formato da área e da reversibilidade dos implementos



## Manobras de Cabeceira

**Contínuo com manobras nas cabeceiras**

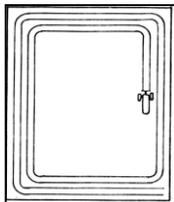


Implemento Reversível

Tempo perdido  
*f*(espaço deixado nas cabeceiras)

## Manobras de Cabeceira

### Fechando talhão com canto arredondado



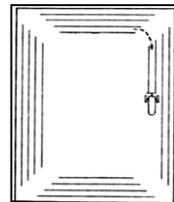
Altamente eficiente?????

Raio de curvatura relativamente grande  
*Algumas regiões ficam sem ser movimentadas*

Implemento fixo

## Manobras de Cabeceira

### Fechando o Talhão - Manobras na Diagonal



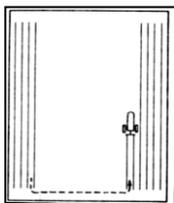
Semelhante ao anterior

Faixa de largura  $f$ , igual a necessária para os giros de 90° no centro do talhão, é deixada sem ser movimentada no seu centro  
*acabamento das áreas deixadas no centro e nas diagonais do talhão*

Implemento fixo

## Manobras de Cabeceira

### Fora para dentro



Implemento fixo

É comum a formação de ruas mortas ou sulcos  
*estes devem ser trabalhados na sequência*

## Manobras de Cabeceira

### Em linhas gerais...

A eficiência no uso do tempo - melhoria significativamente quando os *campos são longos*

Medidas de conservação de solo - provavelmente os fatores mais importantes que influenciam na eficiência de tempo nos modelos de campo

*Nem sempre a maior dimensão da área coincide com o melhor direcionamento das operações visando à conservação do solo*

## Determinação dos Tempos e Eficiência

- **Capacidade Operacional ( $C_o$ )**

Quantidade de trabalho executada por unidade de tempo. Constitui uma medida da intensidade do trabalho desenvolvido na execução de operações agrícolas

$$C_o = \frac{\text{Quantidade de Trabalho Executado}}{\text{Unidade de Tempo}}$$

## Determinação dos Tempos e Eficiência

- **De acordo com o tipo de operação**

- Capacidade de Campo ( $C_c$ )

A capacidade de campo é aplicada a máquinas e implementos que, para executarem uma operação agrícola, devem deslocar-se no campo, cobrindo determinada área

$$C_c = \frac{\text{Área Trabalhada}}{\text{Unidade de Tempo}}$$

## Determinação dos Tempos e Eficiência

- Capacidade de Campo ( $C_c$ )

Capacidade de campo teórica ( $C_t$ )

Como se a máquina trabalhasse 100% do tempo na velocidade nominal, utilizando 100% da sua largura nominal

$$C_t = \frac{L(m) \times V(Km.h^{-1})}{10 \times NP}$$

L = largura de trabalho ou corte (m)  
V = velocidade de trabalho  
NP = número de passadas

## Determinação dos Tempos e Eficiência

- Capacidade de Campo ( $C_c$ )

Capacidade de campo teórica ( $C_t$ )

$$C_t = \frac{L(m) \times V(Km.h^{-1})}{10 \times NP}$$

Obtido no catálogo do implemento ou medindo-se direto no campo

Limite máximo de velocidade sob a qual é possível realizar um trabalho adequado

## Determinação dos Tempos e Eficiência

- Capacidade de Campo ( $C_c$ )

Capacidade de campo teórica ( $C_t$ )

Operações	Velocidades Médias
Aração	5,0 km.h <sup>-1</sup>
Gradagem	7,0 km.h <sup>-1</sup>
Subsolagem	5,0 km.h <sup>-1</sup>
Plantio	5,0 a 8,0 km.h <sup>-1</sup>

## Determinação dos Tempos e Eficiência

- Capacidade de Campo ( $C_c$ )

Capacidade de campo efetiva ( $C_e$ )

É a razão entre o desempenho real da máquina (área trabalhada) e o tempo total de campo

$$C_e = \frac{L(m) \times V(Km.h^{-1})}{10 \times NP} \times E_c$$

$E_c$  = eficiência de campo

## Determinação dos Tempos e Eficiência

### • Eficiência de Campo

A eficiência de campo é uma relação entre a Capacidade Efetiva de Campo e a Capacidade Teórica

De acordo com a ASABE, a eficiência de campo das operações agrícolas mecanizadas variam de acordo com o tipo de operação.

## Determinação dos Tempos e Eficiência

### • Eficiência de Campo

Tabela 2.2 - Eficiência de campo de máquinas agrícolas.

	Velocidade (km/h)	ETM	ETN
Máquina para preparo do solo	4,7-9,7	0,78-0,80	0,69-0,89
Escada escora	1,8-2,2	-	0,78-0,80
Cultivador rotativo	8,5-18,0	0,78-0,80	-
Cultivadora	2,5-4,5	0,78-0,80	-
Aplicação de defensivos e fertilizantes	4,7-7,9	0,60-0,75	-
Semeadura com aplicação de fertilizantes e herbicidas	4,7-18,0	0,50-0,85	-
Semeadoras de sementes mistas	2,0-10,0	0,60-0,80	0,82
Semeadoras de semente grade (ração animal)	-	-	0,87
Segadoras de feno	7,9-10	0,80-0,90	-
Segadoras - acondicionadoras de feno	3,2-6,8	0,88-0,90	-
Arado de descarga lateral	5,5-10,0	0,85-0,90	-
Enfardadeiras	3,6-7,9	0,70-0,80	-
Catetores de torpedos	2,6-6,5	0,50-0,75	0,75
Enroladoras	7,9-15,8	0,70-0,85	-
Combustoras	3,2-6,4	0,68-0,80	0,67-0,78
Enfardadeiras de milho	3,2-6,4	0,60-0,75	-
Catetores de alhofo	2,5-4,7	0,60-0,75	-

## Determinação dos Tempos e Eficiência

- Exemplo

1) Considerando um conjunto trator-arado de 2 discos de 26" (largura de corte igual a 50 cm), trabalhando a uma velocidade de 5,4 Km/h, determinar:

- Capacidade de trabalho efetiva ( $f = 0,7$ )
- Tempo gasto para preparar 1,0 ha.
- Número de dias a serem gastos trabalhando 8 h/dia.

## Determinação dos Tempos e Eficiência

- Exemplo

a)

$$C_E = \frac{L(m) \times V(Km.h^{-1})}{10 \times NP} \times E_C$$

$$C_E = \frac{0,50 \times 5,4}{10 \times 1} \times 0,7 = 0,189 \text{ ha.h}^{-1}$$

## Determinação dos Tempos e Eficiência

- Exemplo

b)

$$1 \text{ h} \text{ ---- } 0,189 \text{ ha} \quad \times = 5,29 \text{ h}$$

$$\times \text{ h} \text{ ---- } 1 \text{ ha}$$

c) Número de dias

$$1 \text{ dia} \text{ ---- } 8 \text{ horas} \quad \times = 0,66 \text{ dias}$$

$$\times \text{ dias} \text{ ---- } 5,29 \text{ horas}$$

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
PARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL

## Custo Operacional dos Sistemas Mecanizados

Prof. Samuel de Assis Silva  
DERU/UFES

## Importância da Análise de Custos

- Importância do custo operacional

- Custo da mecanização representa, em média, de 20 a 40% do custo total de produção agrícola.

- Tomada de decisão

- Aquisição de Máquinas e Renovação da Frota
- Aluguel
- Prestação de serviço

- Aluguel x Compra de máquina

## Custos operacionais

- Custo operacional

São compostos por três modalidades distintas de custos:

1 – Custos Fixos – CF

2 – Custos Variáveis – CV

## Custos operacionais

- **Custos fixos**

São despesas que não dependem do uso da máquina, ou não variam com a produção ou número de horas trabalhadas.

- Depreciação
- Juros sobre capital
- Alojamento
- Seguros

Se uma máquina é usada 200 ou 1000 horas por ano o seu custo fixo é o mesmo.

## Custos operacionais

- **Custos variáveis**

São gastos que dependem da quantidade de trabalho realizado pelas máquinas. Envolve os gastos com:

- Combustíveis
- Lubrificantes
- Manutenção
- Operadores das máquinas

## Custos Fixos

- **Depreciação**

Acarreta um alto valor na composição do custo operacional de um conjunto mecanizado

É a parcela que deve incidir no custo da máquina, correspondente à perda de valor da mesma, considerando a sua vida útil.

A depreciação de uma máquina é função:

- Obsolescência
- Desgastes Naturais
- Uso inadequado

## Custos Fixos

- **Depreciação**

### QUAL A VIDA ÚTIL DAS MÁQUINAS AGRÍCOLAS?

Equipamento	Vida útil (horas)	Vida útil (anos)	Uso por ano (horas/ano)
Tratores	10.000	10	1.000
Arações	2.000	2	400
Grades	2.000	5	400
Escarificadores	2.000	5	400
Subsoladores	2.000	5	400
Enxadas rotativas	2.000	5	400
Semeadoras de sementes miúdas	1.200	5	240
Semeadoras de sementes grandes (de precisão)			
Planto direto	1.200	5	240
Planto convencional	1.200	5	240
Cultivadores	2.000	5	400
Pulverizadores	1.200	5	240
Colhedora de arroz	8.000	10	800
Colhedora combinada automotriz	8.000	10	800
Colhedora de forragem	2.500	10	250
Cefadoras	2.000	10	200

Fonte: Pecheco (2000)

## Custos Fixos

- **Estimativa da depreciação**

Existem vários métodos propostos para a estimativa da depreciação:

- Método da linha reta ou linear
- Método do saldo decrescente
- Método da soma de dígitos

## Custos Fixos

- **Método da Linha Reta**

Consiste na amortização do capital investido na aquisição da máquina, em parcelas iguais, durante a sua vida útil

$$D = \frac{V_i - V_s}{V_u}$$

$D$  = depreciação da máquina, R\$ ano<sup>-1</sup>

$V_i$  = valor inicial da máquina, R\$

$V_s$  = valor final ou "sucata", R\$

$V_u$  = vida útil, anos

O valor final ou de sucata ( $V_s$ ) pode ser estimado em 10 % do valor inicial.

## Custos Fixos

### ◦ Juros sobre o capital

Recomenda-se o cálculo dos juros sobre o capital médio investido:

$$J = [(P + 0,1P) / 2] * Tj$$

$J$  = Rendimento dos juros sobre o capital, R\$/ano

$P$  = preço de aquisição, R\$

$Tj$  = taxa de juros ao ano, decimal.

Na prática, usa-se uma taxa média de juros, entre 10 e 12% ao ano.

## Custos Fixos

### ◦ Alojamento e Seguro

- Difíceis de serem contabilizados
- Produtor geralmente utiliza galpões preexistentes para armazenar as máquinas
- Não é comum se fazer seguro de máquinas agrícolas

Valores Sugeridos para cada um:

0,75% a 3% (≈2%) ao ano do custo inicial da máquina

$$AS = \frac{2}{100} Vi$$

$AS$  = alojamento e seguro, R\$/ano  
 $Vi$  = valor inicial da máquina, R\$

## Custos Fixos Totais

### ◦ Custos Fixos Totais

Indica o total de gastos anuais para compensar a aquisição das máquinas

Obtido somando-se a depreciação, juros sobre capital, seguro e abrigo

$$CF = D + J + SA$$

$CF$  = custos fixos totais, R\$/ano<sup>1</sup>

$D$  = valor da depreciação estimada, R\$

$J$  = valor dos juros sobre capital, R\$

$SA$  = valor destinado a alojamento e seguro, R\$

## Custos Fixos Totais

### ◦ Custos Fixos Totais

São proporcionais:

- Ao tamanho da máquina
- À potência da máquina
- À tecnologia embarcada
- Ao número de órgãos ativos

Determinantes no preço de aquisição da máquina

## Custos Variáveis

### ◦ Custos com Combustíveis

O gasto com combustível pode ser determinado pelas fórmulas:

- Motor a diesel (Potência acima de 200 hp)

$$\text{consumo}(l/h) = 0,164 * TDP \max(CV)$$

- Motor a diesel (Potência abaixo de 200 hp)

$$\text{consumo}(l/h) = 0,151 * TDP \max(CV)$$

Multiplicando-se o valor de consumo pelo preço do diesel obtém-se o custo por hora

## Custos Variáveis

### ◦ Custos com Lubrificantes

Segundo a ASAE, o consumo médio de lubrificantes líquidos, também pode ser estimado, como:

$$\text{consumo}(l/h) = 0,00059 * Pnom + 0,02169$$

$Pnom$  = Potência nominal do motor, CV

Multiplicando-se o gasto pelo valor do lubrificante obtém-se o custo por hora de trabalho

Graxas - consumo 0,05 kg por hora de trabalho do trator

## Custos Variáveis

### ◦ Custos com Manutenção

Inclui a manutenção preventiva e corretiva, além da mão-de-obra necessária para realizá-la.

Podem ser estimados por:

#### Trator

Deve ser igual a 100% do investimento inicial, durante toda a sua vida útil.

$$CM = \frac{1}{Vu} Vi \quad \text{ou} \quad CM = \left( \frac{1}{Vu} Vi \right) / NHA$$

CM = custo de manutenção, R\$.ano<sup>-1</sup>

Vu = vida útil, anos

Vi = valor inicial, R\$

## Custos Variáveis

### ◦ Custos com Mão-de-Obra

O custo mensal da mão-de-obra (Cmo) pode ser estimado por:

$$Cmo = 1,7 * \text{salário}$$

Para se determinar o custo de mão-de-obra por hora trabalhada, deve-se considerar apenas os dias úteis durante o mês, ou seja um número de 176 horas (22 dias) trabalhadas por mês.

$$Cmo = \frac{1,7 \cdot \text{Salário}}{176}$$

## Custos Variáveis Operacionais

### ◦ Custos Variáveis Operacionais

Indica o total de gastos anuais para compensar a utilização das máquinas

Obtido somando-se os custos com combustível, lubrificantes, manutenção e mão-de-obra

$$CVO = Cc + Cl + Cm + Cmo$$

CVO = custos variáveis operacionais, R\$.ano<sup>-1</sup>

Cc = custo com combustível, R\$

Cl = custo com lubrificantes, R\$

Cm = custo com manutenção, R\$

Cmo = custo com mão-de-obra, R\$

## Custos Operacional da Máquina

### ◦ Custos Operacionais

Bom balizador para estipular preços de aluguel de máquinas e também para verificar se a produção consegue quitar os seus custos

$$CO = \frac{CF}{NHA} + CV + lucro$$

CO = custo operacional da máquina agrícola, R\$.h<sup>-1</sup>

CF = custos fixos, R\$

CV = custos variáveis, R\$

NHA = número de horas trabalhadas por ano

## Exercício

Calcule o custo total de um trator agrícola cujos dados são apresentados abaixo:

- Custo inicial do trator: R\$200.000,00
- Vida útil estimada: 8 anos
- Horas de utilização por ano: 1000
- Taxa anual de juros: 15%
- Valor da Sucata: 10% do valor inicial
- Considerar 2% para seguro + alojamento
- Potência nominal: 200 CV
- Potência na TDP: 90% da Potência Nominal

