

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

MATERIAL DIDÁTICO

CUSTO HORÁRIO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Material didático desenvolvido para suporte das atividades dos discente do Curso de Graduação em Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva

Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani

Eng. Agron. Dr. Murilo Aparecido Voltarelli

Eng. Agron. Tiago de Oliveira Tavares

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

MAIO DE 2015

SUMÁRIO

1. Introdução.....	3
2. Estudo Econômico de Equipamentos Agrícolas.....	3
3. Alguns Conceitos Importantes	4
3.1 Sistemas agrícolas	4
3.2 Capacidade de Campo Operacional.....	4
4. Custo Operacional de Máquinas Agrícolas	5
4.1 Custo-hora de planejamento	5
4.1.1 Custos fixos (CF).....	6
4.1.1.1 Depreciação (D).....	7
4.1.1.2 Juros (J)	8
4.1.1.3 Alojamento (A).....	8
4.1.1.4 Seguros (S)	9
4.1.2 Custos variáveis (CV).....	9
4.1.2.1 Combustíveis (C).....	10
4.1.2.2 Lubrificante (L)	12
4.1.2.3 Reparos e manutenção (RM)	12
4.1.2.4 Salário do operador (SO).....	13
5. Custo horário do implemento (CHI).....	14
6. Custo horário do STA.....	14
7. Custos operacionais (CO).....	15
8. Referências	16

CUSTO HORÁRIO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

1. Introdução

A intensificação do uso de máquinas agrícolas vem exigindo novos investimentos em máquinas com maior grau de confiabilidade no quesito de potência disponível, tecnologia e economia do consumo de combustível, visando atender a demanda nas atividades agrícolas.

A otimização do desempenho de sistemas agrícolas mecanizados necessariamente passa por questões de aspectos técnicos e econômicos visando um entendimento adequado entre as relações de potência disponível e custo operacionais.

No caso de tratores agrícolas os custos operacionais estão intimamente relacionados com a intensidade de utilização da máquina, tendo como composição desses custos o combustível, os lubrificantes, a manutenção e o salário do operador. O elevado consumo de combustível dos tratores agrícolas se deve ao fato desses executarem tração, em sua maioria, com altas rotações e em marchas reduzidas, permanecendo na faixa de potência máxima do motor.

A redução no consumo de combustível pode ser obtida por meio de operações em faixa econômica de rotação do motor, ou de um prévio ajuste no dimensionamento de aquisição do trator, utilizando a relação rotação, torque e consumo específico de combustível do motor.

No momento de seleção de máquinas agrícolas devem ser observados três pontos principais:

- o mercado de máquinas agrícolas;
- a capacidade operacional, e
- o custo operacional.

2. Estudo Econômico de Equipamentos Agrícolas

A mecanização agrícola é um dos mais importantes fatores internos de produção de uma propriedade, representando em alguns casos, até 50% de custo da produção agrícola. Desta forma, o conhecimento dos custos de mecanização agrícola é importante para permitir o acompanhamento das operações e a intervenção no momento oportuno, de forma a viabilizar as atividades mecanizadas.

Várias são as empresas do setor de máquinas agrícolas e, cada uma possui uma série de máquinas de tamanhos, potências e modelos diferentes, destinados a cada tipo de trabalho e, o preço das máquinas, naturalmente é variável de acordo com as suas características e marca. Todos estes fatores têm de ser considerados para que se possa proceder a uma análise de custo de uso da maquinaria agrícola, devendo, portanto, serem submetidos a uma análise criteriosa.

3. Alguns Conceitos Importantes

3.1 Sistemas agrícolas

Ao executar uma determinada operação, a máquina agrícola necessita de uma fonte motora e de um controlador e coordenador de seus movimentos, formando um conjunto denominado “Sistema Tratorizado Agrícola – STA”. Portanto, um Sistema Tratorizado Agrícola é definido como sendo um conjunto formado um trator, máquina ou implemento e operador. Se o trator for substituído por outra fonte de potência, como por exemplo, um motor elétrico, temos então um “Sistema Motomecanizado Agrícola – SMA”. O estudo econômico da maquinaria agrícola deve considerar todos os elementos dos componentes de um sistema, seja tratorizado ou motomecanizado.

3.2 Capacidade de Campo Operacional

A capacidade de campo operacional representa a quantidade de trabalho que as máquinas são capazes de executar na unidade de tempo. Constitui uma medida da intensidade do trabalho desenvolvido na execução de operações agrícolas. Vale ressaltar que capacidade operacional não representa “rendimento”, rendimento expressa uma relação entre capacidade operacional teórica (STA trabalhando 100% do tempo) e a capacidade operacional real (descontando paradas, manobras etc.). Portanto, quando se deseja calcular a capacidade de campo operacional (CcO), deve-se aplicar os valores na equação (1):

$$CcO = \frac{\text{Quantidade de trabalho executado ou "produção"}}{\text{unidade de tempo}} \quad (1)$$

4. Custo Operacional de Máquinas Agrícolas

O custo-hora do uso de uma máquina ou implemento agrícola pode ser classificado de várias formas, tais como:

- a) Custo-hora comercial ou de mercado: regido pelas leis de oferta e de procura, sendo obtido por meio de pesquisas de mercado, junto aos interessados em alugar máquinas agrícolas;
- b) Custo-hora de planejamento ou previsto: determinado em virtude de cálculos, considerando-se os vários fatores que influem no custo de uma máquina ou implemento agrícola, de modo a se obter uma aproximação do custo real.

4.1 Custo-hora de planejamento

Pode ser dividido em duas parcelas: os custos fixos e os custos operacionais ou variáveis. Os custos fixos são aqueles que devem ser debitados independentemente da utilização da máquina ou implemento, envolvendo os gastos indiretos ou de capital, ou seja, as despesas efetuadas sem cogitar a recuperação a curto prazo. São chamados de custos fixos por permanecerem constantes, independentes da produção do STA. Por outro lado, os custos variáveis representam gastos diretos que constituem toda a despesa atual e direta de um STA, sendo também chamados de custos operacionais.

No cálculo do custo-hora de uma máquina ou implemento agrícola, o fator tempo é imprescindível e fundamental, e envolve dados relacionados a vida útil (VU) da maquinaria. A vida útil corresponde ao espaço de tempo entre a compra e a rejeição de uma máquina ou implemento, seja esta rejeição por obsolescência ou por desgaste. Por ser extremamente variável, a vida útil de uma máquina agrícola é de difícil previsão, sendo normalmente obtida por meio de pesquisas e acompanhamentos realizados. Entretanto, no Brasil há uma escassez de dados acerca da vida útil de máquinas internacionais ou nacionais, portanto, há uma dificuldade em se obter dados de todas as regiões do país, que são completamente distintas.

A vida útil de uma máquina é um dado que varia em função de tipo de máquina, de sua utilização e da manutenção. Na Tabela 1 são apresentados os valores aproximados para a vida útil de máquinas e implementos agrícolas, estimados por Gentil (1993), em pesquisa realizada na região de cerrado brasileiro.

Tabela 1. Vida útil de máquinas e implementos agrícolas.

Máquinas	Anos de vida útil
Trator de roda	10,3
Trator de esteira	14,2
Colhedora	10,1
Arado	10,4
Subsolador	10,6
Roçadora	8,2
Semeadora	8,8
Pulverizador	9,7
Grade	10,8
Carreta	9,9
Distribuidor de calcário	10,1
Pivot central	13,0

Adaptado de Gentil (1993).

4.1.1 Custos fixos (CF)

Os custos fixos são aqueles que devem ser debitados, independentemente de a máquina ser ou não utilizada, sendo, portanto, também chamados de custos de propriedade. É necessário considerar que, a partir do momento em que se adquire um trator ou qualquer outra máquina ou implemento agrícola, ele passa a onerar seu proprietário, mesmo que seja mantido inativo no galpão de máquinas. A forma de remover tal ônus é utilizar o trator o maior número de horas por ano, reduzindo o quanto possível o tempo ocioso. O custo fixo é obtido pela somatória de: depreciação (D), juros (J), alojamento (A) e seguros (S) conforme a equação (2):

$$CF = D + J + A + S \quad (2)$$

4.1.1.1 Depreciação (D)

A parcela de depreciação, que é inclusa nos gastos fixos, representa, em última análise, constituição de um fundo de reserva para a aquisição de uma máquina nova, do mesmo tipo, potência, peso etc.

A depreciação se refere à desvalorização da máquina em função do tempo, seja ela utilizada ou não. Se uma máquina for pouco utilizada durante o ano, sua depreciação ocorrerá principalmente devido à obsolescência, e se for intensamente utilizada, a depreciação se dará devido ao desgaste. A diferença é que, no segundo caso, a máquina proporcionou um retorno por meio do serviço prestado.

A depreciação de uma máquina não é conhecida com precisão, enquanto ela não for vendida, pois apenas nesta ocasião se terá certeza do seu valor real. Por esse motivo, a depreciação é estimada por meio de diversos métodos: método da linha reta, do saldo decrescente, da soma dos dígitos e depreciação dedutível.

O método de linha reta é o mais simples de ser usado, resultando em uma depreciação anual constante da máquina, durante a vida útil. Os demais métodos são indicados para determinação do valor de mercado das máquinas usadas. No método de linha reta, o valor de sucata é arbitrado em 10% do preço inicial da máquina e o valor da máquina é depreciado do constante dado pela equação 3:

$$D = \frac{(V_i - S)}{V_u} \quad (3)$$

em que,

D: depreciação (R\$/h);

V_i : valor inicial (R\$);

S: valor de sucata = 0,1. V_i (R\$)

V_u : vida útil (horas).

A vida útil ou econômica da máquina varia muito em função do tipo de máquina utilizada e da sua manutenção. Na falta de estatísticas bem detalhadas para a estimativa da vida útil das máquinas agrícolas, podem-se utilizar valores tabelados como indicação aproximada (Tabela 1).

4.1.1.2 Juros (J)

O capital utilizado na aquisição da máquina agrícola deve ser computado como retendo juros à base semelhante do que é obtido quando este capital é colocado no comércio. Normalmente, são juros simples e calculados sobre o capital médio investido, pela equação 4:

$$J = \frac{\left(\frac{V_i + 0,10 \times V_i}{2}\right)}{u} \times i \quad (4)$$

em que,

J : juros (R\$/h);

V_i : valor inicial (R\$);

i : taxa de juros ao ano (decimal)

u : número de horas de uso do bem por ano (horas/ano)

Atualmente o Governo Federal oferece algumas linhas de crédito, com o Programa de Sustentação do Investimento (PSI) do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) que oferece a menor taxa de juros fixo ao ano para o produtor rural que pretende comprar máquinas, tratores ou implementos agrícolas (4,5% ao ano com prazo de até 10 anos).

4.1.1.3 Alojamento (A)

Se a máquina for mantida sob abrigo, quando estiver fora de utilização, certamente a sua vida útil será maior, dada a possibilidade de se executar reparos em qualquer condição climática e também pela maior proteção das intempéries.

Esse custo equivale a um gasto anual para manutenção, depreciação e juros sobre o capital investido na instalação utilizada. O custo anual com alojamento é estimado de modo simplificado, como uma porcentagem do valor inicial da máquina, conforme equação 5:

$$A = \frac{(V_i \cdot a)}{u} \quad (5)$$

em que,

V_i : valor inicial (R\$);

A : custo-hora com alojamento (R\$/h);

Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola

a : porcentagem do valor inicial (V_i) para cobrir os custos com alojamento (1% a.a.);

u : número de horas de uso do bem por ano (horas/ano).

4.1.1.4 Seguros (S)

O seguro é um custo anual para cobrir danos imprevistos, parciais ou totais, que o bem pode sofrer (roubo, incêndio, etc.). Assim, o custo do seguro é o prêmio anual que o proprietário do bem pagará a uma seguradora ou a poupança que constituirá um fundo, visando o ressarcimento dos riscos de danos que possam ocorrer. O custo do seguro por hora é dado pela equação 6:

$$S = \frac{(V_i \cdot p)}{u} \quad (6)$$

em que,

S : custo do seguro (R\$/h);

V_i : valor inicial (R\$);

p : prêmio do seguro, como porcentagem do valor inicial (1% a.a.);

u : número de horas de uso do bem por ano (horas/ano).

4.1.2 Custos variáveis (CV)

Os custos variáveis são aqueles que dependem da quantidade de uso que se faz da máquina e são constituídos por: combustíveis, lubrificantes, reparos e manutenção e salário do operador (SO). A composição dos custos variáveis é dada pela equação 7:

$$CV = C + L + RM + SO \quad (7)$$

em que,

CV : custo variáveis (R\$/h);

C : combustíveis (R\$);

L : lubrificantes (R\$);

RM : reparos e manutenção (R\$).

SO : salário do operador (R\$).

Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola

4.1.2.1 Combustíveis (C)

O custo de combustível é um dos fatores de mais difícil previsão de forma precisa, uma vez que depende fortemente do tipo de operação realizada e por consequência, da potência gasta nesta operação. O cálculo do custo horário de combustível é função do consumo e do preço do combustível e da potência do motor. O total de combustível consumido é função do fator de carga, que é a relação entre a potência requerida pela operação e a potência máxima disponível na TDP.

Este consumo pode ser obtido diretamente por meio de medição de consumo horário com o uso de sensores, por indicação do fabricante ou por estimativas de consumo específico. À partir do consumo determinado, multiplica-se pelo preço unitário do combustível.

Entretanto, existem maneiras de se estimar o consumo médio de combustível. Moreira e Menezes (1973) propõem a seguinte estimativa (Tabela 2).

Tabela 2. Consumo de combustível.

Carga no motor	Motor Diesel
% máx. potência	Litros/cv hora
100	0,079
75	0,085
50	0,095
35	0,112
25	0,141

Fonte: Moreira e Menezes (1973).

EXEMPLO: Determinar o consumo de combustível previsto (CC) para um motor diesel, fornecendo 30 CV a uma colhedora de forragem, sabendo-se que a potência máxima na TDP do trator é de 50 CV.

Cálculo da % máxima da TDP

50 CV ----- 100%

30 CV ----- x $\rightarrow x = 60\%$

Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola

Consultando a tabela 5:

75% ----- 0,26 l/HP hora

50% ----- 0,29 l/CV hora

25% ----- 0,03 l/HP hora

10% (60% - 50%) ----- y

$$\rightarrow y = 0,012 \text{ l/HP hora}$$

logo,

60% ----- $0,29 - 0,012 = 0,278$ l/HP hora

como a potência consumida na operação é de 30 HP, tem-se

$CC = 30\text{HP} \cdot 0,278 \text{ l/HP hora}$

$$CC = 8,34 \text{ litros/horas}$$

Os combustíveis são usados principalmente para o acionamento dos motores de tratores e colhedoras autopropelidas. É difícil avaliar com precisão o consumo de combustível dos tratores, devido às condições variáveis de carga a que são submetidos durante os trabalhos de campo. Entretanto, quando não se tem informação segura do fabricante do trator, vários autores citam que o consumo de combustível (óleo diesel) fica em torno de 0,25 a 0,30 litros por hora para cada “cv” de potência exigida na barra de tração. Portanto, seguindo-se esta recomendação, o custo por hora gasto com combustível pode ser calculado por meio da equação 8:

$$C = 0,25 \cdot P_{BT} \cdot PR_c \quad (8)$$

em que,

C: custo-hora de combustível (R\$/h);

P_{BT} : Potência na barra de tração (cv);

PR_c : Preço de combustível (R\$).

4.1.2.2 Lubrificante (L)

A quantidade de lubrificantes gastos por hora depende do tipo e da potência do trator, e pode ser obtida no manual da máquina e na planilha de manutenção proposta pelo fabricante, determinando a capacidade dos reservatórios de lubrificantes e a periodicidade em horas em que devem ser substituídos.

Normalmente, o período de substituição ocorre conforme o exposto a seguir:

- óleo do motor => 200 horas
- óleo da caixa de câmbio e diferencial => 750 horas
- óleo da redução final => 750 horas
- óleo do hidráulico => 750 a 1000 horas
- óleo da caixa de direção => 500 horas

Uma forma de se estimar o consumo de lubrificante do motor é recomendada pela ASABE, por meio da equação 9:

$$C_L = Con_L.P_L = Con_G.P_G \quad (9)$$

em que:

C_L : Custo dos lubrificantes (R\$/h);

Con_L : consumo de óleo lubrificante ($L h^{-1}$);

P_L : Preço do lubrificante (R\$ L^{-1});

Con_G : consumo de graxa ($kg h^{-1}$);

P_G : Preço da graxa (R\$ kg^{-1});

4.1.2.3 Reparos e manutenção (RM)

Dentre as despesas de manutenção que devem ser computadas, para o cálculo do custo de operação de máquinas agrícolas, encontram-se aquelas realizadas para a manutenção preventiva e corretiva. Na manutenção preventiva, devem-se computar os gastos com componentes trocados a intervalos regulares, tais como filtro de ar, filtros de óleos lubrificantes, filtros de combustível, correias de polias etc.

Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola

A manutenção corretiva é bem mais difícil de ser estimada, uma vez que depende de fatores de difícil controle, como a habilidade do operador, as condições do terreno, etc. Em face dessas dificuldades, devem-se conduzir estudos detalhados sobre manutenção de máquinas agrícolas, de forma a fornecer tabelas que permitam o cálculo desses custos, até mesmo antes da aquisição das máquinas necessárias.

A Tabela 3 contém valores em porcentagem para a estimativa do custo inicial com reparos e manutenção durante a vida útil de tratores e outras máquinas agrícolas.

Tabela 3. Parâmetros para cálculos de custos totais com reparos e manutenção de máquinas agrícolas em relação ao preço de aquisição.

Equipamentos	Gastos com reparo em %
Tratores	100
Arados	60
Grades	50
Escarificadores	60
Subsoladores	60
Enxadas rotativas	80
Semeadoras de sementes miúdas	80
Semeadoras de sementes graúdas (de precisão)	75
Plantio direto	80
Plantio convencional	80
Cultivadores	100
Pulverizadores	80
Colhedoras de arrasto	90
Colhedora combinada automotriz	100
Colhedora de forragem	60
Ceifadoras	150

Adaptado de Instituto de Economia Agrícola (IEA)

4.1.2.4 Salário do operador (SO)

Os salários do operador, bem como outros benefícios e encargos sociais, referentes à mão-de-obra, devem ser computados no cálculo de custo operacional das

máquinas, considerando-se no mínimo a média que prevalece na região. Também podem ser calculados conforme as equações 10 e 11:

$$SM=1,5.Salário\ Min+20\% \text{ encargos} \quad (10)$$

$$SO = \frac{13.SM}{u} \quad (11)$$

em que,

SM: Salário mensal (R\$);

SMin: Salário mínimo (R\$);

SO: Salário do operador (R\$/h)

u: número de horas de uso do bem por ano (horas/ano)

5. CUSTO HORÁRIO DO IMPLEMENTO (CHI)

Para calcular o custo do implemento a metodologia é a mesma, mas utilizando-se dos coeficientes apropriados e executando as despesas referentes ao combustível.

6. CUSTO HORÁRIO DO STA

O custo horário do trator é determinado como a somatória do custo fixo e variável que somado ao do implemento (descritos anteriormente), force o custo horário do STA. O custo horário do trator é calculado pela equação 12:

$$CHT=CFH+CVH \quad (12)$$

em que,

CHT: custo horário do trator (R\$/h)

CFH: custo fixo horário do trator (R\$/h)

CVH: custo variável horário do trator (R\$/h)

O custo horário do STA (conjunto trator e implemento) é dado pela equação 13:

$$CHC = CHT + CHI \quad (13)$$

em que,

CHC: custo horário do STA (R\$/h)

CHI: custo horário do implemento (R\$/h)

7. CUSTOS OPERACIONAIS (CO)

Uma vez determinado o custo horário do STA e conhecidos os valores da capacidade de campo operacional do conjunto, pode-se determinar o seu custo operacional, por meio da equação 14:

$$CPP = \frac{CHP}{CcO} \quad (14)$$

em que,

COP: custo operacional (R\$/ha)

CcO: capacidade de campo operacional (há/h)

O custo operacional também pode ser calculado por meio da capacidade de campo efetiva (*CcE*) (eq. 15) e de eficiência de campo (*Ef_c*) (eq. 16):

$$COP = \frac{CHC}{CcE \cdot \frac{Ef_c}{100}} \quad (15)$$

$$COP = \frac{CHC}{CcO} \quad (16)$$

em que:

COP: custo operacional em reais por hectare (R\$/ha);

CHC: custo horário do STA (R\$/h);

CcO: capacidade de campo operacional (ha/h).

Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola

8. REFERÊNCIAS

GENTIL, Luis Vicente. Perfil da frota de máquinas agrícolas: projeto piloto no cerrado. Brasília: Universidade de Brasília, 1993. 86 p.

IEA Instituto de Economia Agrícola (2011b): Preços Agrícolas. São Paulo: IEA, 2011.

MIALHE, L. G. Manual de Mecanização Agrícola. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1974. 301p.

Moreira, C.A.; Menezes, J.F. O custo operacional da maquinaria agrícola. *Atual Agronomia*, v.1, n.1, p.38-48, fev./mar. 1973.