
ESTUDO COMPARATIVO DO CUSTO OPERACIONAL HORÁRIO DA MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA UTILIZANDO DUAS METODOLOGIAS PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

JASPER, Samir Paulo¹
SILVA, Roberto Arbex Paulo²

Recebido em: 2013-01-26

Aprovado em: 2013-10-09

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.849

RESUMO: O presente trabalho trata do estudo comparativo de duas metodologias (MIALHE, 1974 e ASAE, 2002) utilizadas para o cálculo do custo horário da mecanização agrícola. Para tanto, considerou-se todas as etapas envolvidas desde a semeadura até colheita, em sistema de plantio direto. A metodologia da ASAE (2002), apresentou um custo horário mais elevado em relação a proposta de MIALHE (1974), sendo que as metodologias apresentaram custos semelhantes referentes às despesas com depreciação, alojamento e seguro. As diferenças foram que na proposta da ASAE (2002), as maiores despesas incidiram ao pagamento de juros, combustível, lubrificação e mão-obra, enquanto na metodologia de MIALHE (1974), apenas a despesa referente a manutenção foi superior.

Palavras-chave: Máquinas agrícolas. Análise econômica. Plantio direto.

SUMMARY: The present work is about a comparative study of two methodologies (MIALHE and ASABE), used to calculate the cost per hectare in the tillage operation in the culture of corn. The methodology of ASABE presents a higher cost per hectare in relation to the MIALHE proposal, being that the methodologies presents similar costs related to the depreciation expenses, accommodation and insurance. The differences were that in the ASABE proposal, the biggest expenses involved the payment of interest, fuel, lube and handwork, while in the MIALHE methodology, only the expense regarding to maintenance was more. The methodology of ASABE most suitable for management costs per hectare.

Keywords: Agricultural machinery. Economic analysis. Tillage

INTRODUÇÃO

A atividade fundamental de uma propriedade agrícola é a produção e seu principal objetivo deve ser a maximização do lucro, sendo que o proprietário deve alocar recursos produtivos como trabalho, maquinaria e insumos, de forma a minimizar o custo de produção (MOCHÓN; TROSTER, 1994).

O gasto com máquinas é de cerca de 20% ou mais do custo das culturas, dependendo do sistema produtivo, por isso, o produtor deve conhecer esses números para gerenciar as operações com máquinas e tentar diminuir seus custos de produção (REZENDE, 2003).

A escolha da maquinaria utilizada numa propriedade agrícola, independente do seu tamanho, deve ser realizada de forma racional, adequando-se ao programa de produção da mesma e às características econômicas do empreendimento e do mercado. O trator, principal fonte de potência da maioria das propriedades, deve ter a potência suficiente para tracionar/acionar a máquina ou equipamento. Por outro

¹ Eng^o Agrônomo, Pós-Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agricultura, UNESP/Botucatu – SP, jasper@fca.unesp.br

¹ Eng^o Agrônomo, Prof.(o) Doutor, Departamento de Engenharia Rural, UNESP/Botucatu – SP, Fone: (0XX14) 3880-7165, arbex@fca.unesp.br

lado, estes devem ter tamanhos e características compatível com o trator. Além disso, o conjunto trator/equipamento deve ser o menos oneroso possível para o agricultor.

Segundo Hunt (1995) a escolha das máquinas, muitas vezes, é realizada pela propaganda dos fabricantes e seus revendedores e não com base técnica o que a torna ineficiente, podendo incorrer em prejuízos. Para o autor a seleção deve ser entendida como um elemento de vinculação entre o mercado de máquinas agrícolas e o programa de produção da empresa agrícola. A análise operacional, que consiste na elaboração de uma relação detalhada de todas as operações agrícolas mencionadas no programa de produção, o planejamento para seleção realizado com base na análise operacional do plano de produção e nos parâmetros de desempenho operacional das máquinas, as demonstrações de campo e o planejamento de aquisição das máquinas, distinguem os critérios de seleção (MIALHE, 1974).

Os custos de tratores e equipamentos são calculados em dois grandes grupos: os custos fixos e os custos variáveis, segundo Mialhe (1974); Hirschfeld (1984); Mochón; Troster (1994). Em literatura mais recente, os custos de máquinas podem ser divididos em custos que decorrem da propriedade de máquinas e custos que decorrem de sua operação (USDA, 2004).

Em geral, custos fixos são associados à propriedade das máquinas e incluem os seguintes itens: depreciação, juros, alojamento, seguro e manutenção. Segundo Cosentino (2001), a depreciação pode ser determinada pelos diversos métodos, sendo os mais comuns o método linear, método exponencial, método da soma dos dígitos, por quotas proporcionais às horas de trabalho e método da soma da taxa constante. Os juros são determinados em função de do valor de aquisição da máquina e da taxa de juros vigente no mercado. Outros itens são determinados em função de diferentes metodologias de determinação.

Os custos variáveis dizem respeito aos dispêndios com fatores de produção variáveis, em geral, são associados aos custos operacionais e compõem-se das seguintes despesas: combustível, filtros, óleos lubrificantes, graxas, mão-de-obra, reparos e manutenção e variam de acordo com o grau de utilização destas máquinas.

A partir desta categorização geral dos custos de máquinas diversas metodologias têm sido propostas, como Mialhe (1974); Asae (2002).

Além da diversidade de métodos para determinação de custos, Fairbanks;Larson; Chung (1971) em pesquisa junto a 114 produtores rurais em Kansas (EUA), consideraram difícil a estimativa dos custos totais de máquinas em função da extrema variabilidade nas condições e formas de operação a campo.

Com base no exposto, o objetivo do trabalho foi comparar o custo operacional horário da mecanização agrícola na semeadura a colheita, em sistema de plantio direto, em função de duas metodologias citadas, com base em dados de campo.

MATERIAL E MÉTODOS

Ensaio

Para implantação do experimento foi utilizada a área da Fazenda Experimental Lageado pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu. Foram avaliadas as operações comuns na condução de um sistema de plantio direto: calagem, dessecação, semeadura, aplicação de herbicida, aplicação de defensivo, adubação de cobertura, transporte de insumos, transporte de água e colheita. Os equipamentos utilizados no ensaio, como as características e o valor de aquisição são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Equipamentos e utilizados no ensaio, suas características e valor de mercado.

Equipamento	Marca	Características	Valor de Aquisição (R\$)
Trator	Massey Ferguson, Modelo MF283	TDA, potência de 86 CV/ 63,2 KW	87.040,80
Distribuidor de Calcário	Marchesan, Modelo	Distribuidor Centrífugo (2.500 kg)	9.646,08
Semeadora-Adubadora	Marchesan, Modelo PST ²	4 linhas espaçadas de 0,90m	10.437,36
Cultivador-Adubador	Marchesan, Modelo CPD-4/2	Capacidade de 330 L	3.278,16
Pulverizador	Jacto Modelo Condor 600	600 L/ Barra Hidráulica	13.508,28
Carreta	Stara, Modelo Reboke 5000	Capacidade de 4,6 toneladas	2.317,32
Carreta Tanque	Cemag, Modelo Cemag 2000	Capacidade de 3000 L	3.560,76
Colhedora Automotriz	Massey Ferguson, Modelo MF 3640	130 CV/ 95,6 KW	340.815,60

Fonte: Elaborado pelos Autores

Os valores de aquisição (preços) foram obtidos junto ao Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo (IEA, 2007), referente a junho de 2004, sendo deflacionados pelo Índice Geral de Preços da Fundação Getúlio Vargas para fevereiro de 2007 (IGP/FGV, 2007).

O consumo horário de combustível foi determinado por meio de um fluxômetro marca “Flowmate” oval, modelo Oval M-III, com precisão de 0,01 mililitros, instalado próximo ao filtro de combustível do trator e da colhedora automotriz. O gerador registra uma unidade de pulso a cada mililitro de combustível que passa pelo mesmo. Os valores de consumo horário de combustível foram obtidos pelo produto da quantidade de pulsos registrados pelo fluxômetro e o tempo gasto para percorrer a parcela, por meio da equação (1):

$$GH = \frac{\sum p \cdot 3,6}{\Delta t} \quad (3)$$

onde:

GH = consumo horário de combustível (L h⁻¹);

$\sum p$ = somatório de pulso, equivalente ao somatório de mililitros de combustível gasto para percorrer a parcela experimental (mL);

Δt = tempo gasto para percorrer a parcela experimental (s);

3,6 = fator de conversão.

Determinação de custos – Aspectos Metodológicos

As metodologias para determinação de custo utilizadas neste trabalho estão descritas a seguir iniciando-se pela metodologia baseada em Mialhe (1974), onde os custos são divididos em fixos e variáveis. A Tabela 2 contém as fórmulas e equações utilizadas nos cálculos.

Tabela 2. Fórmulas e equações utilizadas no cálculo.

(2)	$D = \left[\frac{(VI - VF)}{L} \right] \left(\frac{1}{N} \right)$	(3)	$J = \left[\frac{(VI + VF)}{2} \right] \left(\frac{T_j}{100} \right) \left(\frac{1}{N} \right)$	(4)	$A = \frac{(T_a / 100) \cdot VI}{N}$
(5)	$S = \frac{(T_s / 100) \cdot VI}{N}$	(6)	$M = \frac{(T_m / 100) \cdot VI}{N}$	(7)	$CMO = \frac{SAL + ES}{NT}$
(8)	$CHC = P_c \cdot GH$	(9)	$CHL = P_L \cdot CML$	(10)	$CHG = P_G \cdot CMG$
(11)	$CV = CHC + CHL + CHG$		(12)	$CT = D + A + S + M + CMO + CV$	

Fonte: Elaborado pelos Autores

Os custos fixos nesta metodologia são dados por depreciação, juros, alojamento, manutenção e mão-de-obra. A depreciação (2) é estimada pelo método linear, que implica numa redução constante do valor do equipamento para cada ano de vida útil, onde: **D** depreciação horária; **VI** valor de aquisição; **VF** valor final ou residual; **L** vida útil em anos; **N** número de horas de uso por ano.

O custo de corrente dos juros **J** (3) reflete o custo de oportunidade do capital e foi determinado multiplicando-se um percentual **T_J** (taxa de juro) sobre o valor médio do capital.

O custo de alojamento **A** (4) refere-se aos juros do capital utilizado na construção e manutenção do galpão para o abrigo da máquina e foi estimado pela aplicação de um percentual **T_a** sobre o valor de aquisição do bem.

O custo do seguro **S** (5) é o valor alocado para realizar a cobertura de riscos contra acidentes, incêndios, roubos ou outra causa que possa provocar perda do bem. Foi estimado pela aplicação de um percentual **T_s** sobre o valor de aquisição do bem, e dividido pelo número de horas de uso ao ano **N**.

O custo de manutenção **M** (6) varia em função do grau de utilização, conservação e manutenção do bem e da habilidade dos funcionários, determinada admitindo-se um percentual sobre o valor de aquisição do bem.

O custo-horário de mão-de-obra **CMO** (7) foi estimado pelo salário (**SAL**) e encargos sociais (**ES**) por período, divididos pelas horas efetivamente trabalhadas (**NT**) no período.

Para operações agrícolas consideram-se, entre os custos variáveis, o combustível, graxa e óleos lubrificantes. A determinação do consumo horário de combustíveis baseia-se no preço do combustível **P_c** e no consumo horário de combustível **GH** pela máquina agrícola, chegando-se a equação (8).

O custo horário com óleos lubrificantes **CHL** baseia-se no preço do óleo lubrificante **P_L** e no consumo médio do óleo lubrificante do trator **CML**, em razão da potência do trator, conforme a equação (9). Da mesma forma, considera-se a quantidade de graxa usada para lubrificação do trator, em função do custo do quilo de graxa **P_G** e no consumo médio horário de graxa **CMG**, o custo horário com graxa **CHG** foi calculada pela equação (10) e a partir destas estimou-se o custo total variável **CV**, através da expressão (11).

O custo horário total **CT** estimado, que é dado pela expressão (12).

Outra metodologia utilizada foi a da Asae (2002), aonde os custos também foram divididos em fixos e variáveis. A Tabela 3 contém as principais formulas e equações utilizadas nos cálculos.

Tabela 3. Formulas e equações utilizadas no cálculo do custo, segundo a metodologia da ASAE.

(13)	$J = \left[\frac{(VI + VF)}{2} \right] \cdot \left[\frac{T_j \cdot (1 + T_j)^N}{(1 + T_j)^N - 1} \right] \cdot \frac{1}{N}$	(14)	$M = \frac{VI \cdot FR_1 \cdot \left(\frac{h}{1000} \right)^{FR_2}}{N}$		
(15)	$CMO = \frac{SM \cdot 1,25}{NT}$	(16)	$CHC = P_c \cdot (0,166 \cdot POT)$	(17)	$CHLG = 0,15 \cdot CHC$
(18)	$CV = CHC + CHLG$		(19)	$CT = D + A + S + M + CMO + CV$	

Fonte: Elaborado pelos Autores

Os custos fixos nesta metodologia são dados por depreciação, juros, alojamento, manutenção e mão-de-obra. Para o cálculo da depreciação, utilizou-se o método linear, descrito na metodologia anterior.

O custo do juro **J** (13), nesta metodologia, foi determinado através do juro composto, sendo que percentual **T_J** (taxa de juros) incide, também, sobre os juros e o preço médio do bem. O custo de alojamento e de seguro foi obtido pela metodologia descrita anteriormente.

O custo de manutenção **M** (14) nesta metodologia considera o número de horas que a máquina foi utilizada, além de coeficientes tabelados denominados fatores de reparos.

O custo-horário de mão-de-obra **CMO** (15) foi calculado através do salário médio **SM**, por hora, incluindo neste todas as despesas com encargos sociais, dividido pelo número de horas efetivamente trabalhadas (**NT**).

Para operações agrícolas consideram-se, entre os custos variáveis, o combustível, graxa e óleos lubrificantes. O consumo horário baseia-se no preço do combustível **P_C** e no consumo horário de combustível, este calculado através da potência do trator **POT** multiplicado pelo coeficiente de consumo específico de diesel por hora. Assim, o custo horário com combustível **CHC** foi calculado pela equação (16).

O custo horário com óleos lubrificantes e graxas **CHLG** corresponde a 15% do custo despendido com combustível, conforme a equação (17). A partir destas estimou-se o custo total variável **CV**, através da expressão (18). E finalmente, o custo horário total **CT** estimado, que é dado pela expressão (19).

Para ambas as metodologias, o cálculo do custo da mão-de-obra, utilizou a metodologia proposta por Hoffman (1981), considerando-se o tratorista e um funcionário recebendo salários de R\$ 800,00 e R\$ 400,00 por mês, respectivamente, com acréscimo de 96,27% de encargos sociais (13º salário, férias e INSS). Efetuou-se a conversão em custo horário de mão-de-obra, sendo considerado 8 h diárias de trabalho e 20 dias por mês.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Determinação do custo da mecanização da cultura do milho

Na Tabela 4 é apresentados os resultados dos custos horários das operações envolvidas desde a semeadura até a colheita.

Tabela 4. Custo horário das operações realizadas da semeadura até a colheita, num sistema de plantio direto.

Operação	MIALHE (1974) - (R\$/h)	ASAE (2002) -(R\$/h)
Calagem	62,21	79,20
Dessecação	43,36	72,58
Semeadura	55,35	71,27
Aplicação de Herbicida	43,36	72,58
Aplicação de Defensivo	43,36	72,58
Adubação de Cobertura	39,19	68,90
Transporte de Insumos	51,66	67,59
Transporte de Água	53,17	68,32
Colheita	201,99	175,47
Total	593,64	748,50

Fonte: Elaborado pelos Autores

A metodologia do Mialhe (1974) apresentou um custo horário inferior de R\$ 593,64 e a proposta da Asae (2002) o custo horário mais elevado de mecanização, com R\$ 748,50. A diferença do custo horário entre as metodologias foi de R\$ 154,86, o que corresponde a proposta Asae (2002) um custo horário superior de 26%

Pelas metodologias de Mialhe (1974) e Asae (2002) o custo operacional foi dado pela somatória dos seguintes custos (Tabela 5): depreciação, juros, manutenção, taxa (seguros + abrigo), combustível, lubrificante (inclui despesas com graxa) e mão-de-obra.

Tabela 5. Comparação dos custos horários de mecanização envolvendo os dois métodos em estudo.

Método	Custo de Mecanização (R\$/ha)							Custo Total (R\$/h)
	D	J	M	T	C	L	MO	
ASAE (2002)	122,19	170,67	0,00	2,72	249,84	37,48	165,60	748,50
MIALHE (1974)	122,19	105,23	89,80	2,72	133,15	8,08	132,48	593,64

Fonte: Elaborado pelos Autores

Em relação aos custos fixos da Tabela 5, as despesas relacionadas a depreciação, tanto na metodologia da Asae (2002) como a de Mialhe (1974) apresentaram o mesmo valor de R\$ 122,19 h⁻¹, porém no custo horário total de mecanização corresponde a 16,32% e 20,58% respectivamente (Figura 1).

As despesas relacionadas aos juros (Tabela 5), para o método da Asae (2002) apresentou um custo de R\$ 170,67 h⁻¹ e a de Mialhe (1974) um custo de R\$ 105,23 h⁻¹, resultando numa diferença de R\$ 65,44 h⁻¹, este acréscimo ocorreu devido a proposta da Asae (2002) considerar o juro composto e proposta de Mialhe análise do efeito do tempo sobre o investimento através do juro simples. Verificando a Figura 1, observa-se que o juro corresponde na metodologia da Asae a 22,80%, enquanto na metodologia de Mialhe a 17,73%.

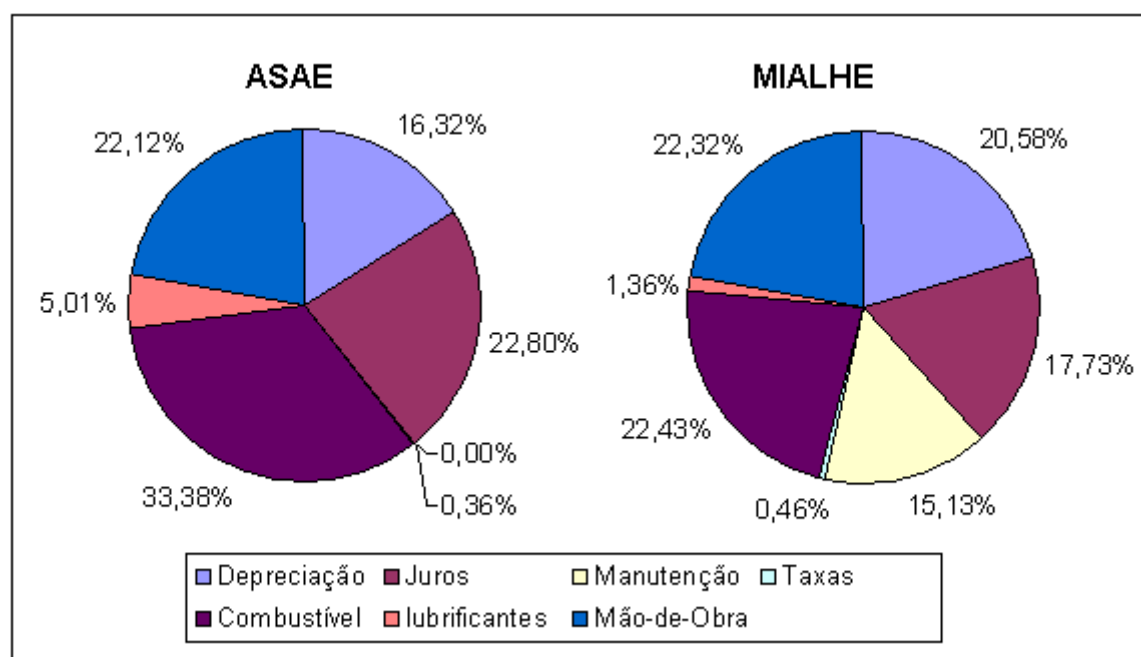
Analisando os custos inerentes a manutenção, observa-se, primeiramente, que na proposta da Asae (2002) não ocorreram despesas relacionadas a mesma, devido as máquinas serem novas, este método não considera que há custos com manutenção nas primeiras horas de uso, logo a manutenção representou 0,00% do custo de mecanização na proposta da Asae (2002). Na metodologia de Mialhe (1974) a manutenção foi de R\$ 89,80 h⁻¹ (Tabela 5), correspondendo a 15,13% do custo de mecanização na cultura do milho (Figura 1), este método considera que o custo de manutenção ocorre de forma constante e igualitária durante todo o período de vida útil das máquinas e implementos.

Na Tabela 5, os valores referentes às taxas, relacionados ao abrigo e seguro, apresentaram os mesmos valores de R\$ 2,72 h⁻¹, porém no método da Asae (2002) correspondeu a 0,36% do custo de mecanização, para a proposta de Mialhe (1974) foi de 0,46% (Figura 1).

Voltando a análise da Tabela 5, observa-se que o custo do combustível foi de R\$ 249,84 h⁻¹ na proposta da Asae (2002), sendo superior a quase 88% em relação a metodologia de Mialhe (1974), com valor de R\$ 133,15 h⁻¹, esta diferença deve-se a metodologia da Asae (2002) calcular o consumo de combustível através da potencia do motor e a na proposta de Mialhe (1974) o consumo horário de combustível foi determinado através de um fluxômetro. Os custos relacionados aos combustíveis representaram 33,38% e 22,43% do custo horário da mecanização para metodologia da Asae (2002) e de Mialhe (1974), respectivamente.

A respeito das despesas envolvidas na lubrificação das máquinas e implementos (Tabela 5), a proposta da Asae (2002) apresentou um custo de R\$ 37,48 h⁻¹, em torno de quatro vezes maior, do que a metodologia de Mialhe (1974), devido ao fato da proposta da Asae (2002) considerar a despesa da lubrificação uma porcentagem das despesas inerentes ao combustível. A metodologia do Mialhe (1974) considerou um consumo médio dos lubrificantes e graxas envolvidas nesta atividade. A etapa de lubrificação correspondeu 5,01% do custo de mecanização no método da Asae (2002) e 1,36% na proposta do Mialhe (1974). As despesas envolvidas na mão-de-obra representaram 22,12% e 22,32% do custo da mecanização para as metodologias da Asae (2002) e do Mialhe (1974), respectivamente. A participação da mão-de-obra foi maior na proposta da Asae (2002) devido ao fator de correção de 25% da própria metodologia, a diferença de custo em relação à metodologia de Mialhe (1974) foi o próprio fator de correção.

Figura 1. Distribuição dos componentes de custos na mecanização da cultura do milho para as metodologias da Asae (2002) e Mialhe (1974), respectivamente.



Fonte: Elaborado pelos Autores

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos e as discussões apresentadas neste trabalho, as seguintes conclusões podem ser destacadas:

1. A metodologia do Mialhe (1974) retrata os custos horário da mecanização, no momento de cada operações, para tanto é necessário a presença do trator e máquina ou implemento;
2. A proposta Asae (2002) apresenta um custo horário de mecanização, com auxílio de coeficientes, porém não é necessário a presença do trator e máquinas ou implementos para determinação do custo horário.

Para realização de um levantamento das despesas referentes à mecanização de determinada cultura, recomenda-se a utilização da metodologia de MIALHE (1974). Para um maior controle do gerenciamento das despesas de mecanização agrícola recomenda-se a utilização da metodologia da Asae (2002).

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL – **Anuário da agricultura brasileira**. 11. ed. São Paulo: FNP, 2006, p. 401.

ASAE – American Society of Agricultural Engineers. Estimating farm machinery costs. . In: ASAE Standards 2002. **Standard A3-29** April 2002. Iowa State University, p. 1-9.

COSENTINO, R. M. A. **Modelo empírico de depreciação para tratores agrícolas de rodas**. 2004. 93p. Dissertação (Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Mestrado em Agronomia – Área de Concentração Máquinas Agrícolas) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FAIRBANKS, G.E.; LARSON, G.H.; CHUNG, D.S. Cost of using machinery. **Transactions of the ASAE**, v.14, n.1, p. 98-101, 1971.

FGV – Fundação Getulio Vargas. IGP – **Índice Geral de Preços**. Disponível em: <<http://www.fgv.br>>. Acesso 15 fev. 2007.

HUNT, D. **Farm power and machinery management**. 9 ed.. Iowa State: University Press, Ames, 1995. 363p.

IEA – Instituto de Economia Agrícola. Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios. Governo do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br>>. Acesso em 15 fev.2007.

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

MOCHÓN, F., TROSTER, R.L. **Introdução à Economia**. São Paulo: Makron Books, 1994. 391p.

REZENDE, G. C. **Estado, macroeconomia e agricultura no Brasil**. Porto Alegre: UFRGS/ IPEA, 2003. 246p.