

Estudo sobre os custos operacionais da colheita mecanizada na escolha dos arranjos institucionais.

Recebimento dos originais: 20/07/2015
Aceitação para publicação: 16/07/2016

Ana Luiza Camargo Mascarin

Mestre em Administração pela Universidade de São Paulo (FEA/USP)

Instituição: Universidade de São Paulo

Avenida Professor Luciano Gualberto, 908. São Paulo/SP.

E-mail: ana.mascarin@usp.br

Décio Zylberztajn

Pós-doutor pela University Of California Berkeley (UCB)

Instituição: Universidade de São Paulo

Avenida Professor Luciano Gualberto, 908. São Paulo/SP.

E-mail: dezylber@usp.br

Resumo

O artigo estuda os custos envolvidos na decisão do produtor agrícola pelas formas de governança mais eficientes na transação da colheita mecanizada; ele compara os custos operacionais da aquisição de colhedoras ou da contratação de serviços de fornecedores externos. O conceito seminal introduzido por Coase do paradigma de fazer ou comprar, sugere estratégias alternativas para organizar a firma. Sob a ótica financeira, a estratégia de coordenar as transações via mercado ou contratos aumenta a rentabilidade sobre o ativo. Existem outros custos associados à aquisição de um parque de máquinas que extrapolam o alto investimento inicial de capital. São necessárias também manutenções constantes, mão de obra qualificada, além dos custos de governança interna. O sistema mecanizado agrícola, conjunto de equipamentos e máquinas que realizam os processos de implantação, condução e retirada das culturas deve ser considerado como um ponto estratégico no controle de custos e rentabilidade do negócio, pois pode representar de 20 a 40% dos custos de produção. Os resultados mostram que os contratos são melhores opções, referentes aos custos operacionais do que o financiamento das colhedoras, mas que quando o produtor rural dispõe de recursos para comprar o equipamento à vista ele consegue custos de colheita mais baixos.

Palavras-chave: Custos operacionais. Integração vertical. Serviços agrícolas.

1. Introdução

O artigo visa estudar os custos operacionais envolvidos na decisão do produtor agrícola pelas formas de governança mais eficientes na transação da colheita mecanizada.

O conceito seminal introduzido por Coase (1937) do paradigma de fazer ou comprar, em que a transação de fatores de produção pode se organizar dentro ou fora do escopo da firma, sugere estratégias alternativas para organizar a firma, por exemplo, desintegrar atividades do escopo com o intuito de gerar valor.

Sob a ótica financeira, a estratégia de coordenar as transações via mercado ou contratos aumenta a rentabilidade sobre o ativo. Na agricultura, o índice de retorno do capital é baixo em comparação com empresas não agrícolas no geral, porque o valor de investimento imobilizado no setor é alto, especialmente em terra e máquinas agrícolas (Staton, 1978).

A subcontratação de fatores de produção tem aspectos positivos e negativos. Não imobilizar o capital é uma das vantagens. Positivamente, a seu favor tem menores custos de governança interna, menor preocupação com manutenção dos ativos, especialização dos serviços e mão de obra, flexibilidade para incorporar novas tecnologias e manter o foco na atividade principal. O lado negativo está na falta de controle direto sobre o ativo, dificultando a flexibilidade interna de mudança de planejamento, falta de comprometimento do fornecedor com o negócio, necessidade de monitoramento do serviço, coordenação dos contratos e possibilidade de oportunismo.

Existem vários aspectos envolvidos na tomada de decisões, é preciso ponderar sobre vantagens, desvantagens e custos envolvidos. Os custos financeiros, gerenciais, operacionais, contábeis e de transação devem ser considerados na escolha pelos arranjos institucionais mais eficientes.

O presente artigo tem o objetivo de comparar os custos operacionais da aquisição de colhedoras ou da contratação de serviços de fornecedores externos. O artigo divide-se nas partes: custos das operações agrícolas mecanizadas, método, análises dos sistemas de produção e cenário-base, resultados das análises e conclusão. O modelo de custos é seguido pelo cenário-base e dados das máquinas utilizadas para a comparação e, por fim, são apresentados os cenários que comparam o custo dos arranjos institucionais existentes.

O objetivo de estudar essa questão é gerar conhecimento que possa servir de subsídio para a escolha de estruturas de governança eficientes e para melhorar os resultados dos empresários agrícolas. A opção de subcontratar uma operação mecanizada da produção agrícola é uma das formas de atingir estes resultados, uma vez que não imobiliza capital em uma atividade sazonal e que necessita de mão-de-obra especializada.

2. Custos das Operações Agrícolas Mecanizadas

Existem outros custos associados à aquisição de um parque de máquinas que extrapolam o alto investimento inicial de capital. São necessárias também manutenções constantes, mão de obra qualificada, além dos custos de governança interna. Para Molin e

Milan (2002), o sistema mecanizado agrícola, conjunto de equipamentos, máquinas e implementos que realizam os processos de implantação, condução e retirada das culturas comerciais deve ser considerado como um ponto estratégico no controle de custos e rentabilidade do negócio, pois tal sistema pode representar, segundo Veiga e Milan (2000) e Banchi *et al.*, (1994) de 20 a 40% dos custos de produção, dependendo da cultura.

Schnitkey (2014) relata no boletim *Farmdoc daily* do Departamento de Agricultura e Economia do Consumidos da Universidade de Illinois, que as despesas nas propriedades rurais, especialmente de grãos, aumentaram ao longo dos últimos anos e que essa variação está relacionada ao aumento dos custos de máquinas e implementos.

Illinois Farm Management Business Farm (FBFM), de 2013, relata custos relacionados com máquinas, como custos de energia (*power costs*). Estes custos incluem aluguel de máquinas (pagamento das operações de campo, tais como a pulverização), serviços públicos, reparos, combustível e óleo, e depreciação. Entre 2000 e 2006, estes custos de energia em fazendas de alta produtividade foram relativamente estáveis, com média de US\$ 57 por acre. Porém, desde 2006 esses custos aumentaram drasticamente: US\$ 56 por acre em 2006 para US\$ 113 em 2012, duplicando os custos ao longo do período.

O Quadro 1 mostra como ocorreram mudanças nos componentes de custos de energia. O maior aumento aconteceu no custo de depreciação, sendo responsável por 60% do aumento de 57 dólares no custo de energia entre 2006 e 2012.

Quadro 1: Custos de energia nas fazendas centrais de alta produtividade de grãos de Illinois Central.

	Ano		Aumento ¹
	2006	2012	
Aluguel de Máquinas / Arrendamento	6	10	4
Utilitários	3	5	2
Reparo e Manutenção	12	21	9
Combustível e óleo	14	22	8
Veículos Leves	2	2	0
Depreciação de máquinas	19	53	34

¹ custo de 2012 menos custo de 2006

Fonte:traduzido de Schnitkey (2014, s/p.)

São vários os fatores que explicam o aumento das despesas: o ritmo de tecnologia é variável e foram introduzidas novas tecnologias nos últimos anos, como o Sistema de Posicionamento Global (GPS), essa modernização leva à compra de novos equipamentos. O fator mais importante de Schnitkey (2014) são os altos níveis de preços das commodities, que

aumentaram entre 2010 e 2012. O aumento de preços do produto resultou em maiores rendimentos, viabilizando receita para a compra de novas máquinas. As despesas realizadas na aquisição dessas máquinas não são contabilizadas imediatamente, são ‘depreciadas’ ao longo do tempo para coincidir com os serviços oferecidos pela máquina. Como resultado, esses valores continuarão altos por vários anos por causa das despesas anteriores com máquinas e equipamentos.

No cenário brasileiro, o Censo Agropecuário 2006 tem dados dos investimentos realizados nos estabelecimentos agrícolas de acordo com o tipo de investimento. A Tabela 1 mostra esses investimentos. Numa análise estanque, os investimentos com máquinas e tratores novos e usados somam 19% do investimento realizado nos estabelecimentos, porcentagem maior que investimento em terras (15%). Apesar de não se tratar dos custos de produção, esse investimento será depreciado e fará parte dos custos.

Tabela 1: Valor dos investimentos realizados pelos estabelecimentos no Brasil

Valor dos investimentos realizados pelos estabelecimentos		
Tipo de investimento	Valor (1000 R\$)	Percentual
Terras adquiridas	2.926.789,25	15%
Bens imóveis (prédios, instalações e benfeitorias)	5.260.803,12	26%
Novas culturas permanentes	736.200,12	4%
Novas matas plantadas	924.449,55	5%
Novas pastagens	1.290.810,76	6%
Veículos novos	1.664.401,06	8%
Veículos usados	1.077.855,43	5%
Máquinas e implementos novos	1.255.882,28	6%
Máquinas e implementos usados	456.453,83	2%
Tratores novos	1.252.239,64	6%
Tratores usados	1.037.427,71	5%
Compra de animais para reprodução e/ou trabalho	2.095.771,12	11%
TOTAL	19.915.778,85	100%

Fonte: CONAB adaptado pela autora.

Uma vez que os equipamentos somam grande parte dos custos e dos investimentos realizados nas propriedades agrícolas, devem ser adequadamente dimensionados.

“O planejamento e a seleção de sistemas mecanizados podem ser realizados de diversas formas, devendo abranger o dimensionamento e a seleção dos equipamentos, máquinas e implementos, e a previsão dos custos que o sistema representará para a atividade agrícola”. MILAN (2004, p. 1).

Se os sistemas forem superdimensionados, acarretarão um maior custo final, pela subutilização dos equipamentos. O contrário pode causar problemas nas operações mecanizadas e ocasionar prejuízos na qualidade e produção total.

Investir no planejamento e dimensionamento dos sistemas mecanizados é importante para a produção agrícola. Analisar os custos envolvidos é uma forma de entender as opções que o produtor tem na escolha entre fazer internamente ou comprar o serviço de colheita mecanizada.

3. Método

Para o dimensionamento e cálculos dos custos operacionais da colheita agrícola da soja serão utilizados métodos de desempenho econômico de maquinaria agrícola.

A *American Society of Agricultural Engineers* - ASAE (1999) e Molin e Milan (2002) apresentam os custos operacionais das máquinas agrícolas, que envolvem o cálculo do custo direto, indireto e o operacional. Os custos diretos são associados à posse e ao uso, os indiretos são aqueles devidos a um dimensionamento inadequado e o operacional está associado à capacidade de trabalho do conjunto ou máquina. A mão de obra do operador pode ser acrescentada ao custo direto.

Custo Direto

Conforme Milan (2004), o custo direto ou horário, é classicamente dividido em custos fixos e variáveis. Os custos fixos independem do uso da máquina, englobando a depreciação, juros, o alojamento, seguro e taxas e custo variável depende do uso. Para o cálculo do custo fixo anual a *American Society of Agricultural Engineerig* - ASAE (1999) propõe a metodologia de calculo de acordo com a equação abaixo:

$$CFa = VI \times \left\{ \left[\frac{(1 - Vf)}{Vu} \right] + \left[\left(\frac{1 + Vf}{2} \right) \times i \right] + Ast \right\}$$

Em que:

CFa o custo fixo anual (R\$);

VI é o valor inicial da máquina ou implemento em R\$;

Vu é a vida útil em anos;

Vf é o valor final da máquina ou implemento em decimal (porcentagem do valor inicial após a vida útil VU);

i é a taxa de juro aplicado ao capital médio;

AST é o custo do alojamento em decimal.

Na Equação acima, o termo $\frac{(1-Vf)}{Vn}$ representa a depreciação do bem ao longo do tempo. A depreciação ocorre pela idade, desgaste e a obsolescência da máquina. No caso, a depreciação está sendo calculada pelo método linear, que calcula os juros anuais sobre o capital médio por meio do segundo termo $(\frac{1+Vf}{2}) \times i$. As despesas com alojamento, seguro e taxas são expressas em decimal no terceiro termo da equação: *Ast*. A multiplicação do valor inicial - VI - pela soma da depreciação, juros e alojamento seguro e taxas, fornece o custo fixo anual do equipamento e dividindo-se o custo anual pelo número de horas de utilização anual obtém-se o custo fixo horário (específico).

Em termos anuais, o custo é considerado como fixo, mas à medida que varia as horas de utilização, o custo fixo horário passa a depender do número de horas de utilização ao ano. Daí decorre a importância de se planejar adequadamente não somente o número de equipamentos, mas também o seu porte, pois uma máquina mal utilizada em termos de horas usadas por ano pode se transformar em um pesado ônus financeiro para a atividade.

O custo variável é calculado levando-se em conta o gasto com combustível e aqueles referentes aos reparos e manutenção. (MILAN, 2004, pg. 18)

a) Estimativa do custo com combustível.

Conforme Milan (2004) destaca, o cálculo do custo variável referente ao combustível é realizado de acordo com o apresentado na Equação abaixo

$$CCb = Cc \times PI$$

Em que:

CCb é o custo do combustível (R\$.h-1);

Cc é o consumo de combustível (L.h-1);

PI é o preço do litro de combustível (R\$.L-1).

Para obter o custo despendido com o combustível é necessário estimar o consumo horário da máquina. O método mais simples consiste na multiplicação da potência do motor por um fator de consumo para estimar o consumo médio anual para todas as operações. (MILAN, 2004, p. 19).

Esse custo, no entanto, não será levado em conta, uma vez que as simulações serão feitas para comparar com a subcontratação dos serviços de colheita, e todas as modalidades não incluem o custo com combustível, que é assumido pelo contratante (produtor rural).

b) Reparo e Manutenção

Como ressalta Milan (2004, p. 21) “Os reparos e as manutenções são essenciais para garantir o desempenho e a confiabilidade de uma máquina ou implemento agrícola. O cálculo desse item envolve o custo referente às peças e a mão de obra necessária ao longo da vida útil”. Quanto aos reparos e manutenção, a ASAE (1999) propõe a seguinte equação, que

utiliza uma porcentagem em relação ao valor inicial que a máquina ou implemento vai despende ao longo da vida útil:

$$C_{rm} = \frac{VI \times FRM}{V_{uh}}$$

Em que:

C_{rm} é o custo de reparo e manutenção por hora (R\$/h-1);

FRM é o fator de reparos e manutenção em decimal;

V_{uh} é a vida útil estimada em horas do equipamento.

É importante ressaltar que o valor exato dos reparos e manutenção somente pode ser obtido ao final da vida útil da máquina. Os coeficientes utilizados foram os obtidos em Matos (2007) e Rosa (2013).

c) Mão-de-obra Direta

A Mão de Obra Direta (MOD) deve ser considerada como aquela que está diretamente ligada ao produto ou serviço.

De modo geral, segundo o Banco Nacional de Desenvolvimento - BNDES (2014) pode ser calculada da seguinte forma: a) Calcular o salário do empregado com encargos; b) Dividir o valor por 176 horas, que equivale a 22 dias (quantidade de dias úteis médios mensais por ano) vezes 8 horas.

Ainda é possível utilizar as Horas-homem reais, calculando um índice de ociosidade da MOD, segundo equação abaixo:

$$MO_{Real} = \frac{S}{MOD \times Oc}$$

Em que:

MO_{Real} = Hora - homem real

MOD = Mão de obra direta

Oc = Ociosidade

Custo indireto

O custo indireto, também denominado de pontualidade, é definido por Witney (1988) como sendo as perdas financeiras devido ao planejamento inadequado da maquinaria agrícola.

A sensibilidade das culturas às épocas de realização das operações mecanizadas afeta o planejamento de sistemas mecanizados, à medida que restringe o seu período de execução e eleva a necessidade de máquinas. O levantamento das perdas por prazo de operação é extremamente útil para selecionar o número e o tamanho do maquinário agrícola necessário, sem que haja o superdimensionamento ou a sobrecarga de trabalho. Dentre as operações as mais críticas são ligadas à semeadura/plantio, a aplicação de defensivos e a colheita. (MILAN, 2004, p. 22).

No presente trabalho, são considerados somente os custos diretos, e os custos indiretos são abordados pela Economia de Custos de Transação como especificidade do ativo da operação de colheita mecanizada e apresentam-se como um fator relevante na escolha do produtor pela aquisição de um parque de máquinas.

Custo Operacional

De acordo com Milan (1004), o custo operacional reflete a relação entre o custo horário do equipamento ou conjunto e a sua capacidade de trabalho. É por meio dele, custo operacional, que comparações entre os diferentes sistemas mecanizados podem ser efetuadas. O custo operacional é fornecido pela equação abaixo:

$$C_{op} = \frac{CHc}{CcO}$$

Em que:

CO_p = custo operacional (R\$ ha-1)

CH_c = custo horário do conjunto em (R\$ h-1)

CC_O = capacidade operacional da máquina(ha.h-1).

A capacidade de campo teórica pode ser calculada como equação abaixo:

$$CcO = (Lc \times vd) \times Ef$$

Em que:

CC_O = Capacidade de campo operacional;

L_c = Largura efetiva

vd = velocidade de deslocamento da máquina

Ef = Eficiência

No caso do cálculo da capacidade de trabalho da máquina, a Capacidade de Campo Teórica é empregada com base nos dados fornecidos pelo fabricante, expressa pelo termo $(Lc \times vd)$. A Capacidade de campo Efetiva traduz o desempenho para as condições de

trabalho no campo. No entanto, ainda não são consideradas as manobras e, se for o caso, o reabastecimento, então a CCE é multiplicada por uma Eficiência (Ef), a qual, no presente estudo, é considerada em 80%; obtém-se, então, a Capacidade de Campo Operacional.

Tempo Disponível

O cálculo do tempo disponível, apresentado por Mialhe (1974) e adaptado por Milan (2004), é apresentado na abaixo:

$$TD = \{ [Nt - (Ndf + Nimp)] \times (Jt \times Eg) \}$$

Em que:

TD é o tempo disponível para realizar cada operação em horas;

Nt é o número de dias no período determinado para a realização da operação;

Ndf é o número de domingos e feriados, quando respeitados, no período;

Nimp é o número de dias úteis impróprios ao trabalho das máquinas;

Jt é a jornada de trabalho adotada em horas;

Eg é a eficiência gerencial ou administrativa.

4. Análise dos Sistemas de Produção e Cenário-base Proposto

Os cenários foram feitas com parâmetros encontrados na literatura para o dimensionamento de máquinas agrícolas e seus respectivos custos, bem como a escolha de valores como o salário do operados de colhedoras, valor inicial de aquisição de máquinas e suas especificações técnicas foram pesquisados diretamente com os produtores rurais consultados e com revendas de máquinas no ano de 2014.

No caso do presente estudo, considera-se o calendário agrícola da cultura da soja cultivado juntamente com o milho safrinha (ou segunda safra) na entressafra da soja para o estado do Mato Grosso, conjuntura que se repete em outras regiões, com particularidades regionais decorrentes das diferentes condições climáticas. Esse calendário é considerado para análise operacional dos dias agronomicamente próprios e tempo disponível para a operação da colheita de soja e, custo que se deseja calcular.



Figura 1: Cronograma de Safra de Soja e Milho 2ª safra no Mato Grosso.

Fonte: Vanguarda agro, adaptada pela autora.

Os dias secos trabalhados são utilizados, em vez da formula proposta por Milan (2004), em que o Tempo Disponível será calculado pela formula:

$$TD = \text{Dias Secos Esperado} \times Jt \times Eg$$

Os dias secos serão considerados segundo o relatório de chuvas mensais obtidos entre 1971-2003, região noroeste de Mato Grosso e sul de Rondônia da tabela 2:

Tabela 2: Dias secos esperados para realizar operações agrícolas.

Meses	Dias Secos Esperados
Janeiro	8
Fevereiro	7
Março	9
Abril	14
Maior	23
Junho	28
Julho	29
Agosto	27
Setembro	23
Outubro	16
Novembro	15
Dezembro	8
TOTAL	207

Fonte: (GODINHO; UTUMI; SILVA, 2004) apud Matos (2007).

Com a interceptação dos dados da Figura 10 com a Tabela 7, foram considerados 32 dias secos esperados para a realização da colheita com uma jornada de 16 horas/dia, utilizando dois operadores como mão de obra e eficiência gerencial de 72%. O TD considerado é então de 368,6. Esses dias foram considerados para que não houvesse prejuízo no plantio da safrinha de milho posterior a colheita de soja.

As máquinas e implementos agrícolas e as suas respectivas características que compõem o cenário são mostradas na Tabela 3.

Tabela 3: Máquinas agrícolas selecionados no modelo e que compõem os cenários

Colhedoras agrícolas selecionadas			
Máquina Selecionada	Valor Inicial (a vista)	Velocidade max (km/h)	Largura Efetiva (m)
Colhedora 40 pés	R\$ 1.446.000,00	9	12
Colhedora 25 pés	R\$ 683.500,00	7	7,6

Fonte: dos autores, com base na consulta a revendas, realizada em 2014

O dimensionamento das máquinas foi feito de modo que uma colhedora tivesse um aproveitamento otimizado, com uma velocidade de deslocamento de 80% da sugerida pelo fabricante.

A Tabela 4 apresenta a descrição e os valores das variáveis utilizadas para o cálculo do custo horário e operacional das colhedoras consideradas na simulação.

Tabela 4: Variáveis utilizadas para o cálculo do custo horário das máquinas colhedoras de soja.

Parâmetros para o cálculo do custo horário	
	SOJA
Valor Inicial (VI)	Valores obtidos em revendas
Valor Final (VF=%deVI)	35
Vida Útil (anos)	10
Vida Útil (horas)	5000
Juros (% aa)	10
AST* (% de VI)	1,5
FRM** (% de VI)	100

Nota * Alojamento, Seguros e Taxas; ** Fator de Reparos e Manutenção.

Fonte: Matos (2007), atualizado pela autora.

Para as simulações do custo total da colheita nos contratos de prestação de serviço utiliza-se o custo médio da saca da soja da região de Primavera do Leste – MT, uma vez que o preço é usualmente cobrado em sacas/hectare ou por meio da porcentagem da produção colhida. Dessa forma, o produtor que contrata fica protegido das variações da cotação da *commodity*. As cotações usadas são as da safra 2013/2014 e a média total desde 2011 até março/2014, respectivamente R\$59/sc e R\$ 52/sc. Para calculo desse valor foi usado o histórico de cotação do Instituto Mato Grossense de Economia Agropecuária (IMEA). No Gráfico 1 segue histórico de cotação da soja na região desde 2011.

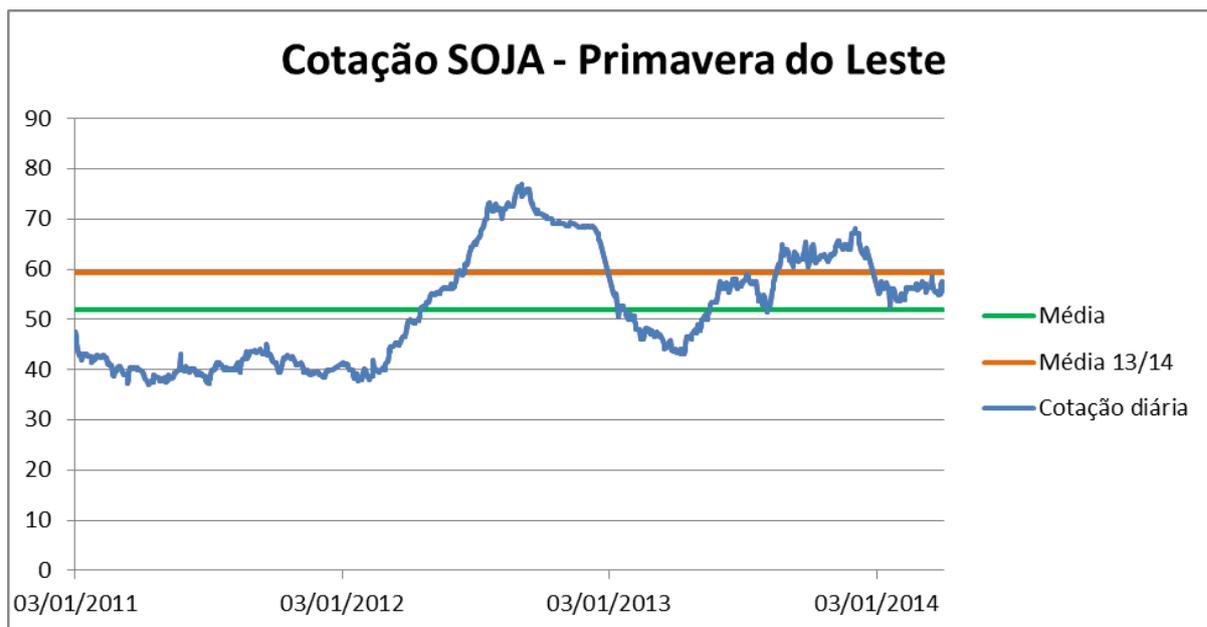


Gráfico 1: Histórico de preço da soja em sacas em Primavera do Leste - MT

Fonte: Instituto Mato Grossense de Economia Agropecuária, adaptado pela autora.

5. Resultados da Análise de Custo Operacional da Colheita Mecanizada de Soja

Os cenários propostos são os diversos tipos de arranjos institucionais, excluídas aqui as transações que ocorrem sem troca de valor monetário ou de produtos, encontrados nas pesquisas a campo com os sojicultores.

Como citado na Tabela 3, as duas máquinas selecionadas para os cenários são de categorias de preços diferentes e, portanto de dimensões distintas. No dimensionamento das máquinas, a quantidade de hectares da colhedora de 25 pés foi de 1200 hectares e da colhedora de 40 pés foram 2.500 hectares; portanto, na comparação com a contratação de fornecedores para a operação da colheita são essas as áreas consideradas. A produtividade considerada por hectare é a média considerada pela EMBRAPA de 2.900kg/hectare.

Cenários de Integração Vertical

- Colhedora Própria: O produtor rural adquire a máquina à vista com recurso próprio
- Colhedora Financiada: O produtor rural financia a máquina mediante crédito subsidiado do governo para estes fins. São consideradas três taxas de juros anuais: 3,5%; 4,5% e 5,5% ao ano, condições possíveis que o produtor encontra quando busca por financiamento agrícola.

Essa simulação também permite analisar como se comportariam os custos em condições de variação nos juros. O valor inicial da colhedora utilizado para o cálculo do custo horário e operacional utilizado é o valor final do financiamento com o prazo de pagamento de dez anos.

Cenários de Contratos (fora do escopo da firma)

- Contratos proporcionais: A colheita é realizada por terceiros, por contratos formais ou informais. A forma de pagamento acordada é por meio de percentual do produto colhido. São considerados dois preços encontrados com base nos dados primários pesquisados com o produtor rural: 5% e 6% da produção total.

- Contratos fixos: A colheita é realizada por terceiros, mediante contratos formais ou informais. O pagamento é fixo, por meio de um valor estipulado por hectare colhido, normalmente são acordadas em sacas por hectare. São considerados duas faixas de preços encontrados: 2,3 sacas/hectare e 3 sacas/ hectare.

Nas Tabelas 5 a 8 são simulados os quatro cenários descritos acima, com dois preços de sacas de soja de 60 kg. Essa comparação em diferentes cotações nos possibilita comparar como se comporta os custos de subcontratar a operação de colheita, uma vez que o preço é, na maioria das vezes, atrelado à *commodity*.

A Tabela 5 é referente à uma colhedora de 25 pés, cuja largura efetiva é de 7,6m e tem uma velocidade máxima de 7km/h. O preço levantado para essa máquina é de R\$683.500,00. Na tabela o comparativo é feito entre as escolhas estratégicas que o produtor rural enfrenta ao decidir se compra uma colhedora ou subcontrata o serviço. A cotação da soja para esse comparativo é de R\$59,00/saca.

Tabela 5: Comparativo de cenários da colhedora de 25 pés a R\$ 59,00/saca para 1.200 hectares.

Cenários			Valor inicial (R\$)	CH (C+HH)	Custo Total Colheita
Integração Vertical					
Colhedora Própria (à vista)			683.500,0	407,6	143.671,7
Colhedora Financiada (i= 3,5%a.a.)			964.144,3	566,0	199.465,6
Colhedora Financiada (i= 4,5%a.a.)			1.061.454,6	620,8	218.811,5
Colhedora Financiada (i= 5,5%a.a.)			1.167.516,7	680,7	239.897,4
Contratos PROPORCIONAIS (% produção)		% produto colhido			
Contrato proporcional (5% produção)		5,0			171.100,0
Contrato proporcional (6% produção)		6,0			205.320,0
Contrato FIXO (por hectare)		sc/há			
Contrato FIXO (2,3 sc/ha)	2,3				162.840,0
Contrato FIXO (3 sc/ha)	3,0				212.400,0

Fonte: dos autores.

A Tabela 6 é referente à mesma colhedora da tabela anterior, de 25 pés. As opções de escolha para o empresário rural são as mesmas, mas nessa tabela a commodity tem um patamar de cotação menor, de R\$52,00/saca. O que torna as opções de pagamento de serviços atreladas à saca de soja mais interessantes do ponto de vista da subcontratação.

Tabela 6: Comparativo de cenários da colhedora de 25 pés a R\$ 52,00/saca para 1.200 hectares.

Cenários			Valor inicial (R\$)	CH (C+HH)	Custo Total Colheita
Integração Vertical					
Colhedora Própria (à vista)			683.500,0	407,6	143.671,7
Colhedora Financiada (i= 3,5%a.a.)			964.144,3	566,0	199.465,6
Colhedora Financiada (i= 4,5%a.a.)			1.061.454,6	620,8	218.811,5
Colhedora Financiada (i= 5,5%a.a.)			1.167.516,7	680,7	239.897,4
Contratos PROPORCIONAIS (% produção)		% produto colhido			
Contrato proporcional (5% produção)		5,0			150.800,0
Contrato proporcional (6% produção)		6,0			180.960,0
Contrato FIXO (por hectare)	sc/há				
Contrato FIXO (2,3 sc/ha)	2,3				143.520,0
Contrato FIXO (3 sc/ha)	3,0				187.200,0

Fonte: dos autores

A Tabela 7 é referente à uma colhedora de 40 pés, cuja largura efetiva é de 12m e tem uma velocidade máxima de 9km/h. O preço levantado para essa máquina é de R\$1.446.000,00. Na tabela o comparativo é feito entre as escolhas estratégicas que o produtor rural enfrenta ao decidir se compra uma colhedora ou subcontrata o serviço. A cotação da soja para esse comparativo é de R\$59,00/saca, praticado no ano da safra 2013/2014.

Tabela 7: Comparativo de cenários da colhedora de 40 pés a R\$ 59,00/saca para 2.500 hectares.

Cenários			Valor inicial (R\$)	CH (C+HH)	Custo Total Colheita
Integração Vertical					
Colhedora Própria (à vista)			1.446.000,0	842,8	292.654,7
Colhedora Financiada (i= 3,5%a.a.)			2.039.725,8	1.179,8	409.668,2
Colhedora Financiada (i= 4,5%a.a.)			2.245.593,8	1.296,7	450.241,3
Colhedora Financiada (i= 5,5%a.a.)			2.469.976,9	1.424,1	494.463,5
Contratos PROPORCIONAIS (% produção)		% produto colhido			
Contrato proporcional (5% produção)		5		1.026,6	356.458,3
Contrato proporcional (6% produção)		6		1.231,9	427.750,0
Contrato FIXO (por hectare)	sc/há				
Contrato FIXO (2,3 sc/ha)	2,3			977,0	339.250,0
Contrato FIXO (3 sc/ha)	3,0			1.274,4	442.500,0

Fonte: dos autores

A Tabela 8 é referente à mesma colhedora da tabela anterior, de 40 pés. A commodity tem um patamar de cotação média da região, de R\$52,00/saca, inferior ao praticado na safra 2013/2014.

Tabela 8: Comparativo de cenários da colhedora de 40 pés a R\$ 52,00/saca para 2.500 hectares.

Cenários			Valor inicial (R\$)	CH (C+HH)	Custo Total Colheita
Integração Vertical					
Colhedora Própria (à vista)			1.446.000,0	842,8	292.654,7
Colhedora Financiada (i= 3,5%a.a.)			2.039.725,8	1.179,8	409.668,2
Colhedora Financiada (i= 4,5%a.a.)			2.245.593,8	1.296,7	450.241,3
Colhedora Financiada (i= 5,5%a.a.)			2.469.976,9	1.424,1	494.463,5
Contratos PROPORCIONAIS (% produção)		% produto colhido			
Contrato proporcional (5% produção)		5			314.166,7
Contrato proporcional (6% produção)		6			377.000,0
Contrato FIXO (por hectare)	sc/há				
Contrato FIXO (2,3 sc/ha)	2,3				299.000,0
Contrato FIXO (3 sc/ha)	3,0				390.000,0

Fonte: dos autores

No presente estudo foram simulados diferentes cenários com os arranjos institucionais encontrados no mercado; desses cenários foi feita a comparação dos custos diretos e operacionais de colhedoras agrícolas encontradas no mercado atualmente.

Os Quadros 2 e 3 mostram um *ranking* crescente de custos dos cenários para as máquinas consideradas, as posições se invertem quando a cotação de soja muda.

Quadro 2: Ranking crescente de custos de colheita para a colhedora própria de 25 pés e fornecedores de serviços.

Cenários Colhedora 25 pés			
R\$59/sc		R\$52/sc	
1°	Colhedora Própria (à vista)	1°	Contrato FIXO (2,3 sc/ha)
2°	Contrato FIXO (2,3 sc/ha)	2°	Colhedora Própria (à vista)
3°	Contrato proporcional (5% produção)	3°	Contrato proporcional (5% produção)
4°	Colhedora Financiada (i= 3,5%a.a.)	4°	Contrato proporcional (6% produção)
5°	Contrato proporcional (6% produção)	5°	Contrato FIXO (3 sc/ha)
6°	Contrato FIXO (3 sc/ha)	6°	Colhedora Financiada (i= 3,5%a.a.)
7°	Colhedora Financiada (i= 4,5%a.a.)	7°	Colhedora Financiada (i= 4,5%a.a.)
8°	Colhedora Financiada (i= 5,5%a.a.)	8°	Colhedora Financiada (i= 5,5%a.a.)

Fonte: dos autores

Quadro 3: Ranking crescente de custos de colheita para a colhedora própria de 40 pés e fornecedores de serviços.

Cenários Colhedora 40 pés			
R\$59/sc		R\$52/sc	
1°	Colhedora Própria (à vista)	1°	Colhedora Própria (à vista)
2°	Contrato FIXO (2,3 sc/ha)	2°	Contrato FIXO (2,3 sc/ha)
3°	Contrato proporcional (5% produção)	3°	Contrato proporcional (5% produção)
4°	Colhedora Financiada (i= 3,5%a.a.)	4°	Contrato proporcional (6% produção)
5°	Contrato proporcional (6% produção)	5°	Contrato FIXO (3 sc/ha)
6°	Contrato FIXO (3 sc/ha)	6°	Colhedora Financiada (i= 3,5%a.a.)
7°	Colhedora Financiada (i= 4,5%a.a.)	7°	Colhedora Financiada (i= 4,5%a.a.)
8°	Colhedora Financiada (i= 5,5%a.a.)	8°	Colhedora Financiada (i= 5,5%a.a.)

Fonte: dos autores

6. Conclusões

O objetivo do presente artigo foi realizar uma discussão a respeito da escolha de determinado arranjo institucional em detrimento de outro, do ponto de vista dos custos operacionais envolvidos nas operações mecanizadas. A pesquisa de ordem prática busca o entendimento da adoção de contratos de serviços mecanizados no sistema agrícola produtivo. A discussão é ilustrada a partir de evidências empíricas coletadas no Brasil, referentes ao sistema agroindustrial da soja, com respeito à opção dos produtores rurais em relação à contratação de serviços ou integração vertical da colheita mecanizada. Para tanto, foram levantados custos de contratos praticados na colheita de soja e foram comparados com os custos operacionais da propriedade de uma colhedora em atividade.

A diferença de valores monetários entre as opções estudadas é muito próxima quando a comparação é com a aquisição da máquina à vista e a subcontratação. Porém, as opções de aquisição de máquina financiada, mesmo com juros subsidiados, são as de custos operacionais mais elevados para o empresário agrícola. Existem ainda, alguns fatores, como cotação das commodities e taxa de juro real, que podem alterar o cenário.

O modelo de integração vertical pode não ser eficiente para atividades que sejam intensivas em capital, pois da propriedade dos ativos incorrem outros custos como os burocráticos e alta imobilização de capital, desnecessária para atividades não principais da empresa, e que são realizadas sazonalmente como a colheita mecanizada.

Na comparação de custos operacionais, a opção de integrar verticalmente quando se dispõe do recurso para adquirir a colhedora à vista mostra-se como a melhor opção, na colhedora de 40 pés, para as duas cotações de soja. Na colhedora menor, de 25 pés, o contrato

de serviços com valor fixo de 2,3 sacas/há é a melhor opção quando a cotação da soja é menor (R\$52), mas em um cenário favorável para a cotação da *commodity* a opção de adquirir o equipamento à vista continua tendo o menor custo operacional por safra.

As opções mais vantajosas seguidas da compra à vista são: o contrato fixo de 2,3 sacas/ha e o contrato proporcional de 5% da produção total. Numa situação otimista, em que as cotações se mantêm a um nível médio de R\$59/saca, para essas opções se igualarem ao melhor cenário seria necessário o custo de contratação ser de 2 sc/ha ou 4,11% aproximadamente do produto colhido. Observa-se que a diferença é pequena de preços praticados por alguns fornecedores. Já na cotação média desde 2011, seriam necessárias 2,25sc/ha aproximadamente ou 4,65% do produto colhido, uma vez que o preço do produto é menor é necessária maior quantidade do que na cotação maior.

O comparativo feito é tratado como dados *cross section*, pois as observações como a de valor inicial da colhedora e taxas de juros são feitas num mesmo ponto do tempo, conseqüentemente, no longo prazo, se as cotações da *commodity* flutuarem, não é possível prever por meio desse estudo, como se comportariam os outros valores como preço de máquinas, ou mesmo o preço dos fornecedores desses serviços mecanizados.

Os contratos de prestação de serviço são usualmente indexados ao produto, decorrente disto, o preço do serviço varia de acordo com a cotação da *commodity*. Portanto, por vezes o *ranking* muda nas colunas de acordo com a cotação considerada. Outro fator que pode mudar a classificação dos custos operacional é a taxa de juros do País fixada pelo Comitê de Política Monetárias (Copom). Mudanças no cenário econômico podem alterar substancialmente a análise. No estudo, a taxa de juros considerada foi de 10%a.a., cenário do ano de 2014; mudanças nela alteram o custo de oportunidade do capital. No caso de aumento das taxas de juros, o que tem acontecido no cenário de instabilidade econômica atual; aumentam-se os custos operacionais e a depreciação dos equipamentos, tornando a opção de contratar serviços ainda melhor considerando os custos operacionais. O cenário contrário, com a queda das taxas de juros, torna o custo de oportunidade do capital utilizado na compra de equipamentos menor, sendo assim diminui o custo operacional de aquisição da colheitadeira. Segue o Gráfico 2 e 3 para ilustrar a influência da taxa de juros nos custos operacionais da operação de colheita. O custo dos serviços permanece inalterado nesta análise, pois a taxa de juros não é incluída em seus cálculos, mas eventualmente com a mudança no cenário econômico, os preços cobrados pelos fornecedores de serviços também seriam alterados.

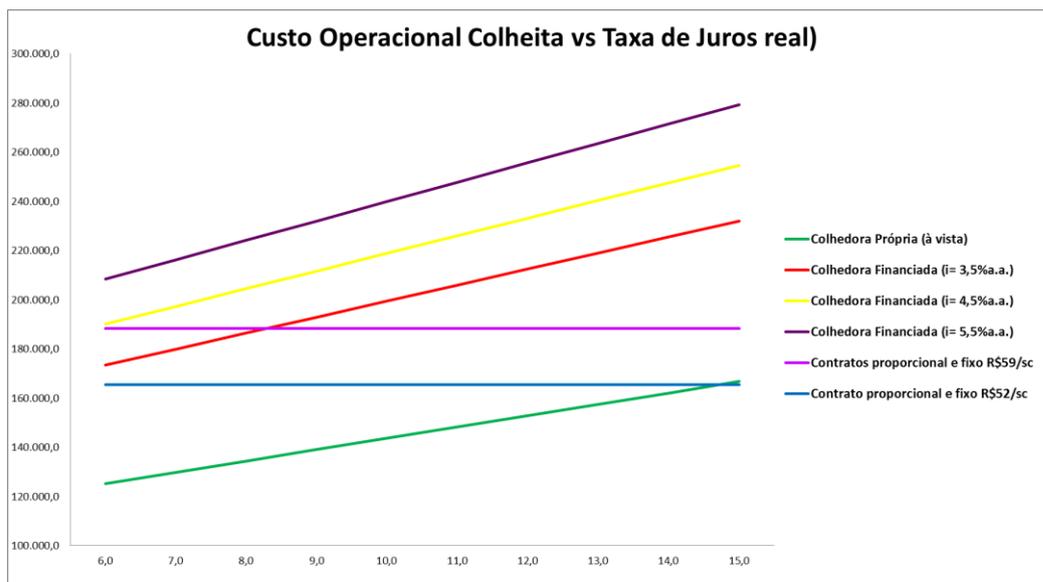


Gráfico 2: Custo Operacional Colheitadeira 25 pés e Taxa de Juros Real
 Fonte: dos autores

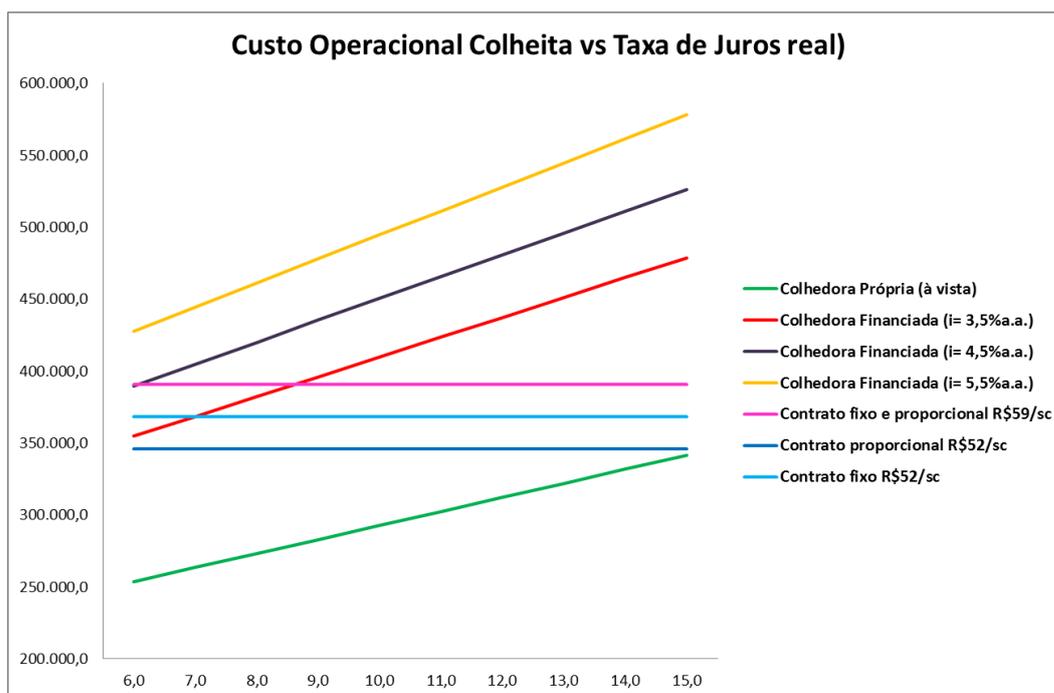


Gráfico 3: Custo Operacional Colheitadeira 40 pés e Taxa de Juros Real
 Fonte: dos autores

Outra consideração importante a ser feita é que essas simulações acontecem num mundo em que os custos de transação são inexistentes, já que somente o custo operacional é levado em consideração, no qual não existe racionalidade limitada nem oportunismo. Os custos de transação envolvidos são fundamentais na escolha dos arranjos institucionais.

Portanto, uma extensão do trabalho seria a análise dos custos de transação envolvidos na escolha dos arranjos institucionais eficientes pelo produtor rural, assim como o ambiente

institucional que envolve essa escolha entre o fazer ou comprar um serviço de mecanização agrícola no Brasil.

7. Referências

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. *ASAE Standards*. In: *Agricultural Machinery Management* (pp 353-358). St. Joseph: ASAE, 1999.

BANCHI, A.D.; et al. *Máquinas agrícolas: gerenciamento através de suas eficiências de utilização* (V. 18, N. 73, pp 18-21). São Paulo: ÁLCOOL & ACÚCAR, 1994.

COASE, R. *The Nature of the Firm*. *Economica*, [S.l.], 1937.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. *Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil 2012 e 2013*. Disponível em: <<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaCentralBrasil2003/tecnologia.htm>>>. Acesso em 03 fev.2013

INSTITUTO MATO GROSSENSE DE ECONOMIA AGRÍCOLA (IMEA). (2014). *Preço Soja*. Disponível em:<< <http://www.imea.com.br/cotacoes.php?produto=1&subproduto=5>>>. Acesso em 20 fev.2014.

MATOS, M. A. *Modelo informatizado para o planejamento operacional e econômico de sistemas mecanizados com a consideração da pontualidade* (88 p). Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2007.

MILAN, M. *Gestão sistêmica e planejamento de máquinas agrícolas* (100 p). Tese (Livro-Docência em Mecânica e Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2004.

MOLIN, J.P.; MILAN, M. *Trator-implemento: dimensionamento, capacidade operacional e custo*. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. *Conservação e cultivo de solos para plantações florestais* (cap.13, pp409-436). Piracicaba: IPEF, 2002.

ROSA, J. H.M. *Avaliação do desempenho efetivo e econômico de uma colhedora de cana-de-açúcar (Saccharum spp) em espaçamento duplo alternado* (153 p). Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2013.

SCHNITKEY, G. *Controlling Costs with Lower Crop Revenues: Machinery Costs*. In: Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois. Disponível em: <<<http://farmdocdaily.illinois.edu/2014/02/controlling-costs-with-lower-crop-revenue-machinery-costs.html>>> Acesso em 18 fev.2014.

STATON, B.F. *Perspective on Farm Size*. American Journal of Agricultural Economics. Oxford University Press, 1978.

VEIGA, C.M.; MILAN, M. *Desenvolvimento de um modelo empírico para a seleção de máquinas agrícolas na cultura da soja considerando o custo da pontualidade na semeadura*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29. Fortaleza, 2000.

WITNEY, B.D. *Choosing and using farm machines*. Edinburg: Land Technology, 1988.