ARTIGO ORIGINAL

Walciney José das Chagas Oliveira^{1*}
Patrícia Pereira dos Santos¹
Débora Rodrigues Oliveira Santos¹
Gabriel Araújo e Silva Ferraz¹
Murilo Machado de Barros¹

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro –
UFRRJ, Instituto de Tecnologia, Departamento
de Engenharia, BR 465, km 07, Caixa Postal
74580, 23897-000, Seropédica, RJ, Brasil

*Autor Correspondente:

E-mail: wjose@id.uff.br

PALAVRAS-CHAVE

Automação agrícola
Geotecnologias
Análise econômica

KEYWORDS

Agricultural automation
Geotechnology
Economic analysis

Estimativa do custo horário de equipamentos e serviços em diferentes níveis de tecnificação em agricultura de precisão

Estimative of the hourly cost of equipment and services at different levels of technification in precision agriculture

RESUMO: O artigo estima o custo horário dos equipamentos e serviços utilizados em sistemas de agricultura de precisão (AP) com diferentes níveis de tecnificação e visa contribuir para a tomada de decisão de produtores na implementação da AP ou na contratação de serviços de suporte. Foram considerados sistemas recomendados para agricultores familiares, médias e grandes propriedades. Os preços dos equipamentos e serviços foram obtidos junto às principais empresas especializadas do mercado. Também foram estimados os custos fixos (depreciação, juros, alojamento e seguros) e variáveis (reparos e manutenção e salário do profissional especialista). Os resultados indicam um custo horário de R\$ 0,57 para um nível menos tecnificado, recomendado para pequenas propriedades, de R\$ 6,95 para médias propriedades e de R\$ 105,04 para propriedades com alto nível de tecnificação, considerando o que há de mais moderno no mercado em termos de agricultura de precisão.

ABSTRACT: The article estimates the hourly cost of equipment and services used in Precision Agriculture (AP) systems with different levels of technification and aims to contribute to producers' decision to implement the AP or hire support services. It was considered recommended systems for family farmers, medium and large farms. The prices of the equipment and services were obtained from the main specialized companies in the market. Fixed costs (depreciation, interest, housing and insurance) and variables (repairs, maintenance and salary of the specialist) were also estimated. The results indicate a hourly cost of R\$ 0.57 for a less technical level, recommended for small properties, R\$ 6.95 for medium properties and R\$ 105.04 for properties with a high level of technification, considering what is most modern in the market in terms of precision farming.

1 Introdução

Atualmente, o Brasil ocupa posição de destaque no agronegócio internacional. Essa posição foi conquistada com o apoio da pesquisa e utilizando tecnologia avançada, exemplos: melhoramento genético de plantas, fixação biológica de nitrogênio, mecanização agrícola, sistema de plantio direto e, mais recentemente, agricultura de precisão. Entretanto, a necessidade de aumentar a produção de alimentos para suprir a demanda da crescente população mundial impõe à atividade agrícola o desenvolvimento e a difusão de tecnologias cada vez mais eficientes, aliando aumento de produtividade e desenvolvimento sustentável (Embrapa, 2014).

A agricultura de precisão (AP) surge como um conjunto de ferramentas e tecnologias aplicadas para permitir um sistema de gerenciamento agrícola fundamentado na variabilidade espacial e temporal da unidade de produção, tendo como objetivo o aumento de retorno econômico e a redução do impacto ao meio ambiente (Brasil, 2013).

A base da AP está na análise dessas variações espaciais e temporais da produção agrícola. A partir dessa análise é que são aplicados os insumos (fertilizantes, sementes, defensivos etc.), no momento adequado, na quantidade necessária e no local correto, e não em toda extensão da área cultivada, como é feito na agricultura tradicional (Searcy, 1997; Tschiedel & Ferreira, 2002). Assim, com a racionalização na utilização dos insumos, a expectativa é de redução de custos e minimização dos impactos ambientais das atividades agrícolas.

Algumas ferramentas e tecnologias empregadas na AP são o GNSS (Global Navigation Satellite System), barra de luz, piloto automático, computadores e *softwares*, mapas de produtividade, amostragem georreferenciada de solo, controladores eletrônicos de aplicação em taxa variável de insumos, sensoriamento remoto, sensores e sistema de informação geográfica (SIG).

Apesar da diversidade de tecnologias disponíveis para a AP e das vantagens de sua utilização, a sua adoção está ocorrendo no Brasil em um ritmo inferior ao previsto inicialmente (Mcbratney et al., 2005; Bernardi et al., 2011). Apenas os produtores agrícolas mais tecnificados tomam a iniciativa de utilizar AP.

No entanto, experiências mostram que a AP não se limita a procedimentos que requerem equipamentos de alta sofisticação e investimentos, qualquer propriedade, inclusive a familiar, pode adotar alguns procedimentos e equipamentos de custo mais baixo (Inamasu et al., 2011). Além disso, a AP pode ser adotada por partes, inicialmente em operações consideradas mais importantes em determinada cultura, por exemplo, correção do solo, adubação, identificação de pragas e doenças, entre outras.

Diante desse contexto, o objetivo do trabalho foi mensurar o custo horário dos equipamentos e serviços de AP para diferentes níveis de tecnificação, visando contribuir na tomada de decisão de produtores agrícolas na implementação da AP ou na contratação de serviços de suporte.

2 Material e Métodos

Para a realização da estimativa do custo horário da implementação da agricultura de precisão foram definidos três sistemas com níveis tecnológicos distintos. A cultura escolhida foi a soja, por ser a principal *commodity* na pauta de

exportações, além de seu grande consumo no mercado interno (Cargnin & Bezzi, 2011).

O tamanho dos imóveis-modelos adotados foram baseados no trabalho de Zanon (2011), que estipularam o tamanho médio dos estabelecimentos produtores de soja no Brasil a partir do Censo Agropecuário de 2006, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O primeiro sistema é voltado para a agricultura familiar, cuja maior parte da produção é consumida na propriedade, sendo comercializado o excedente. Seu sistema de produção envolve baixo nível tecnológico e o tamanho médio dos estabelecimentos desse tipo de produtor de soja no Brasil é de aproximadamente 17 ha. O sistema para esse tipo de produção prevê coleta de amostras do solo, análise em laboratório, criação de mapas de aplicação de fertilizantes e corretivos à taxa variável e contratação de profissionais especializados, além de realização de um curso de capacitação e aquisição de um aparelho receptor GNSS de navegação.

O segundo sistema é voltado para agricultores de médio porte e foi adotado como modelo o tamanho médio dos estabelecimentos produtores de soja no Brasil, com 72,5 ha. Esses produtores utilizam um nível médio de tecnologia, compatível com o potencial da produção e nível de gerenciamento, para não onerar o custo de produção. A comercialização abastece principalmente o mercado interno. Esse sistema prevê, além da coleta e análise do solo, aquisição de equipamentos agrícolas para as diferentes fases de cultivo, semeadura, fertilização, pulverização e colheita, bem como *notebook*, receptor GNSS, barra de luzes, monitor de taxa variável e capacitação de operadores.

O terceiro sistema é previsto para grandes produtores com alto nível de tecnificação, utilizando a melhor tecnologia disponível. Tais produtores são responsáveis pelo abastecimento do mercado, o tamanho modelo adotado foi de 249 ha, e esse tipo de produtor possui os mesmos itens do segundo, porém com equipamentos mais sofisticados e modernos, além de outros equipamentos mais tecnificados e precisos, contratação de profissional especializado, aquisição de VANT e sistema RTK e montagem de central de comando para acompanhamento em tempo real das atividades.

Para o cálculo dos custos horários, foram levantadas informações técnicas com profissionais da área e empresas especializadas no fornecimento de tecnologia em agricultura de precisão. O preço dos equipamentos e serviços técnicos foram obtidos a partir de pesquisas no mercado de AP, valores que prevaleciam no mercado no período de maio a setembro de 2015.

Após esse levantamento foram selecionados os itens que melhor atendiam em termos tecnológicos cada modelo de propriedade. Posteriormente foram calculados, então, o custo horário dos equipamentos adquiridos, das capacitações e da mão de obra envolvida.

A metodologia para determinação do custo horário da implantação do sistema de AP baseou-se no custo horário de máquinas agrícolas proposto por Pacheco (2000), para quem os custos são divididos em fixos e variáveis. Podem-se observar na Tabela 1 as equações utilizadas para o cálculo de custos fixos, custos variáveis e custo horário total (CT) para o sistema de agricultura de precisão.

Tabela 1. Equações utilizadas no cálculo dos custos fixos, custos variáveis e no custo horário total (CT).**Table 1.** Equations used to calculate the fixed costs, variable costs and total hourly cost (CT).

Custos fixos (CF)		Custos variáveis (CV)	
CF = D + J + AS	(1)	CV = RM + SO	(2)
D = 0,1.P/V	(3)	RM = 0,1.P/t	(4)
$J = \frac{\left[\frac{P + 0,2.P}{2} \right] \cdot i}{t}$	(5)	$S_{med} = 8,5.S_{min}$	(6)
AS = 0,02.P/t	(9)	SM = $S_{med} + S_{med} \cdot EP$	(7)
		SE = SM/h _t	(8)
Custo horário total (CT) = CF + CV		(10)	

CF = custos fixos (R\$/h); D = depreciação (R\$/h); J = juros (R\$/h); AS = alojamento e seguro (R\$/h); CV = custos variáveis (R\$/h); RM = reparos e manutenção (R\$/h); SE = salário do especialista (R\$/h); P = preço de aquisição (R\$); V = vida útil (horas); i = juros ao ano (decimal); t = tempo de uso (horas/ano); S_{med} = salário médio (R\$); SM = salário mensal (R\$); EP = encargos e provisionamentos (decimal); h_t = horas trabalhadas no mês (horas); CT = custo horário total (R\$/h).

Os custos fixos (CF) são aqueles que devem ser debitados independentemente de os equipamentos de AP estarem sendo usados ou não, constituídos por: depreciação (D), juros (J), alojamento e seguros (AS). Assim, os custos fixos (CF) são obtidos pela Equação 1 (Tabela 1).

Os custos variáveis são aqueles que dependem da quantidade de uso que se faz dos equipamentos de AP e são dados por: reparos e manutenção (RM) e salário do profissional especialista (SO). Assim, os custos variáveis (CV) são obtidos pela Equação 2 (Tabela 1).

A depreciação (D) é um custo resultante do desgaste, obsolescência e idade de um bem (Edwards, 2011). É estimada pelo método linear, variando uniformemente ao longo da vida útil do bem ou equipamento (Conab, 2010). Dessa forma, para os valores vida útil e taxa de depreciação anual dos equipamentos de AP considerou-se a Instrução Normativa (IN) SRF n. 162/1998 referência adotada para o cálculo no caso de “[...] instrumentos e aparelhos de geodesia, topografia, agrimensura, nivelamento, fotogrametria, hidrografia, oceanografia, hidrologia, meteorologia ou de geofísica, exceto bússolas; telêmetros [...]”, os quais, segundo a IN, possuem vida útil de 10 anos e taxa de depreciação de 10% ao ano. Segundo a Conab (2010), a vida útil de um trator é de 15.000 horas. Logo, a depreciação (D) é definida pela Equação 3 (Tabela 1).

Os juros (J) são encargos resultantes de um eventual empréstimo bancário para compra de equipamentos (Piacentini et al., 2012). De modo geral, são juros simples, calculados sobre o capital médio investido (Pacheco, 2000). Foi adotada como padrão a taxa de juros anual $i = 7,5\%$, taxa vigente em setembro de 2015 para financiamento de investimento agrícola no Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural – PRONAMP (BNDES, 2015). Dessa forma, os juros (J) são calculados pela Equação 5 (Tabela 1).

Se os equipamentos forem mantidos sob abrigo quando não em uso, certamente sua vida útil é maior (Pacheco, 2000). O proprietário que não faz o seguro de equipamentos agrícolas,

o que é bastante comum no Brasil, pode ser penalizado por isso em virtude do risco de acidentes ou perdas. Em seu trabalho, Piacentini et al. (2012) adotaram como padrão a taxa anual de alojamento de 0,5% e de seguro de 1,4%. Segundo Pacheco (2000), aconselha-se usar uma taxa de 2% ao ano para o cálculo dos custos com alojamento e seguro (AS), como demonstrado na Equação 9 (Tabela 1).

Para o cálculo dos custos de reparo e manutenção (RM) foram considerados os custos de desgaste, quebra de componentes, acidentes e pela ação da natureza (Piacentini et al., 2012). Segundo Pacheco (2000), dentre as despesas de manutenção encontram-se aquelas realizadas para a manutenção preventiva e para a manutenção corretiva. Em seu trabalho, Piacentini et al. (2012) adotaram como padrão a taxa de reparo e manutenção (RM) de 10% do valor de aquisição das máquinas, devido à falta de informações específicas na literatura. Portanto, reparos e manutenção (RM) são definidos pela Equação 4 (Tabela 1).

Considerou-se, para o profissional especialista, (SE) conforme Brasil (1966), o salário médio (Smed) de seis vezes o salário-mínimo (Smin) vigente, para engenheiros com curso universitário de 4 anos ou mais, acrescidas em 25% as horas excedentes às seis diárias de serviço. O valor do salário-mínimo (Smin) em janeiro de 2015 era de R\$ 788,00 (Brasil, 2014). Os encargos e provisionamentos (EP) para empregados rurais (tempo indeterminado) é de 45,59% do salário médio (SM) (Conab, 2010). Efetuou-se a conversão em custo horário de mão de obra, sendo consideradas 8 horas diárias de trabalho e 20 dias por mês. Assim, o salário médio (Smed), o salário mensal (SM) e salário do especialista (SE) por hora podem ser calculados conforme as Equações 6, 7 e 8, respectivamente (Tabela 1).

Portanto o custo horário total (CT) estimado é dado pela Equação 10, que pode ser observada na Tabela 1.

3 Resultados e Discussão

Após o processo de cotação, foram selecionados os equipamentos que melhor atendiam técnica e economicamente cada modelo proposto. As especificações dos sistemas e valores dos produtos estão discriminadas nas Tabelas 2, 3 e 4. Com a análise dos dados obtidos junto às principais empresas que atuam no mercado com agricultura de precisão chegou-se aos resultados explicitados na Tabela 5.

A transição de um sistema tradicional de cultivo para a agricultura de precisão deve levar em conta a gama de oportunidades existentes e os diferentes níveis de sofisticação tecnológica disponíveis no mercado. Assim, o agricultor que deseja migrar para esse sistema deve considerar alguns aspectos relevantes, como, por exemplo, a aquisição de máquinas e implementos com essa tecnologia agregada, ou a adaptação do maquinário existente no imóvel, assim como a quantidade e modelos de máquinas e implementos disponíveis, bem como a própria dimensão do empreendimento, considerando a área produtiva, o sistema de produção e a própria cultura, além da qualidade da mão de obra existente no empreendimento.

Culturalmente, os empreendedores agropecuários estão sempre buscando coisas novas, como uma variedade de fertilizante, de sementes ou demais insumos, ou, ainda, modificações em equipamentos visando otimizar seu uso, ainda que essas novidades

sejam empregadas de forma experimental em determinadas glebas do imóvel ou em determinada fase de cultivo, essa abertura contribui para a modernização do campo. De modo geral, a decisão de inovar leva em consideração a relação custo-benefício

dessa tecnologia e não exclusivamente os resultados obtidos em experimentos (Bramley & Trengove, 2013).

O valor do custo horário para implantação de técnicas de AP voltadas para a agricultura familiar foi de R\$ 0,57/h, prevendo-se

Tabela 2. Sistema tecnológico 1, para agricultura familiar.

Table 2. Technological system 1, for family farming.

Item	Características	Valor (R\$)
Receptor GNSS de navegação	Portátil com bússola, altímetro, conectividade sem fio e <i>slot</i> para cartão de memória, possui um visor de 2,2" com 65K de cores	1.300,00
Coleta e análise do solo	Empresa especializada para a coleta e análise de 17 amostras, com produção de mapa e receita de correção	748,00
Treinamento GNSS	Quatro horas de teoria e prática	200,00
Total		2.248,00

Tabela 3. Sistema tecnológico 2, para médias propriedades.

Table 3. Technological system 2, for medium properties.

Item	Características	Valor (R\$)
Coleta e análise do solo	Empresa especializada para a coleta e análise de 72 amostras, com produção de mapa e receita de correção	3.094,30
Notebook	Processador Intel Core i5, 8GB 500GB tela 15,6"	2.449,00
Barra de luzes	GPS integrado, acompanha acessórios	7.000,00
Monitor de taxa variável	Driver 1 controle – V60e – padrão	16.000,00
Capacitação operador	Curso de 60 horas, abrangendo introdução a AP, DGPS, semeadora a taxa variável e monitor de colheita	3.000,00
Receptor GNSS	Receptor AG250, cabo de energia, suporte, cabo da antena e antena	9.600,00
Total		41.143,30

Tabela 4. Sistema tecnológico 3, para grandes propriedades.

Table 4. Technological system 3 for large properties.

Item	Características	Valor (R\$)
Coleta e análise do solo	Empresa especializada para a coleta e análise de 249 amostras, com produção de mapa e receita de correção	10.408,20
Barra de luzes	GPS 20Hz com sinal pago e com acessórios	18.000,00
Monitor de taxa variável	Driver 1 controle	18.033,40
Sensor de barra de pulverização	Mantém automaticamente a seção central na altura correta, acima do solo ou topo da cultura, em uma variedade de condições de campo	28.000,00
Piloto automático	Hidráulico com válvula, acompanha acessórios	29.000,00
Software	<i>Software</i> para geração de mapas	1.290,00
Profissional especialista	Contratação de profissional de nível superior especializado	9.751,00
Capacitação operador	Curso de 120 horas, composto por introdução a AP, DGPS, piloto automático, semeadora a taxa variável, distribuidores a taxa variável, autopropeleto NR31 e monitor de colheita	6.000,00
Notebook	4ª geração do processador Intel® Core™ i7-4310M (2,7 GHz até 3,4 GHz, 3Mb cache, com gráficos Intel® HD 4600)	4.299,00
Rádio comunicador	Duplo com alcance de 25 km	358,14
Receptor GNSS	Equipamento composto por tela, cabo de alimentação, cabo de antena, suporte e antena AG25; XP/HP desbloqueado	12.000,00
Sistema RTK	Capacidade de recepção de sinais GPS (L1, L2, L2C, L5 Carrier, CA, L1P, L2P e L2C Code), Glonass (G1 e G2 Carrier, CA e Pcode), Galileo (E1, E5a), SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS e GAGAN) e STARFIRE; Licença Starfire Vitalicia; Precisão RTK, Precisão RTK Extend, Precisão Starfire Dual, Precisão PP e sistema totalmente bluetooth e livre de cabos	65.000,00
VANT	Coleta de imagens aéreas para produzir ortomosaicos e modelos 3D com precisão absoluta abaixo de 3 cm – sem pontos de controle; o sistema RTK apresenta um embutido L1/L2 receptor GNSS	108.000,00
Total		278.013,48

a aquisição de um aparelho receptor GNSS, treinamento de quatro horas para seu manuseio e contratação de consultoria para coleta, análise, elaboração de mapas e prescrição de correção a um custo de R\$ 44/ha – a distribuição dos valores está melhor explicitada na Figura 1. Esse valor, em comparação aos demais sistemas, parece irrelevante, no entanto para um agricultor familiar que ainda enfrenta algumas dificuldades para o escoamento da sua produção, a adoção de novas tecnologias ainda é tratada com desconfiança, pois implica em mudança de hábitos e abertura de novas perspectivas. Porém, para o agricultor familiar que deseja aderir à AP, essa pesquisa demonstrou que não é necessário alto nível de tecnificação para

gozar das vantagens inerentes ao sistema. Com a utilização de equipamento simples e conhecimento técnico moderado já é possível implementar essa tecnologia como auxílio no melhoramento da produção aliado a redução de custos com insumos, por exemplo.

Como é possível observar na Figura 1, o item de maior custo para o sistema 1 foi a coleta e análise do solo, correspondente a 68% do investimento total. Para esse modelo de propriedade foram consideradas 17 amostras do solo, correspondendo a uma amostra por ha. Tey & Brindal (2012), analisando os fatores que influenciam na adoção da AP, explicam que quanto maior o número de amostras coletadas, melhor será a representatividade

Tabela 5. Custo horário e porcentagem dos custos dos itens que compõem os sistemas tecnológicos de agricultura de precisão estudados.

Table 5. Hourly cost and percentage of the costs of the items that make up the Precision Agriculture technological systems studied.

	Sistema 1		Sistema 2		Sistema 3	
	R\$/h	%	R\$/h	%	R\$/h	%
EQUIPAMENTOS						
Receptor GNSS	0,17	29,70	1,41	20,25	0,05	0,05
Barra de luzes	-	-	1,03	14,76	1,53	1,45
Monitor de taxa variável	-	-	2,35	33,75	2,05	1,95
Sensor de barra de pulverização	-	-	-	-	4,11	3,90
Piloto automático	-	-	-	-	3,67	3,49
Software	-	-	-	-	0,09	0,08
Notebook	-	-	0,36	5,16	0,63	0,60
Rádio de comunicação	-	-	-	-	0,05	0,50
Sistema RTK	-	-	-	-	10,25	9,76
VANT	-	-	-	-	15,84	15,08
SERVIÇOS						
Coleta e análise do solo com geração de mapas	0,39	68,00	1,61	23,18	5,42	5,16
Treinamento	0,01	2,30	0,20	2,87	0,40	0,38
MÃO DE OBRA						
Especialista	-	-	-	-	60,95	58,02
Total	0,57	100	6,95	100	105,04	100

Figura 1. Distribuição do percentual de custos do sistema tecnológico 1.

Figure 1. Distribution of the percentage of costs of the technological system 1.

e compreensão da variabilidade das propriedades do solo, o que proporciona uma prescrição mais precisa dos insumos a serem aplicados para correção, consequentemente atendendo melhor a exigência da cultura e proporcionando maior produtividade.

O segundo sistema tecnológico apontado tem custo horário de R\$ 6,95/h e inclui a aquisição de equipamentos necessários nas principais fases de cultivo como, um *notebook*, barra de luz com GNSS integrado, monitor de taxa variável composto por tela, controladores e sensor de rotação, curso de capacitação de 60 horas para o operador de máquinas e aquisição de receptor GNSS com antena patch. Para o cálculo desse valor não foi considerada a contratação de pessoal ou consultoria para o planejamento e operacionalização da implantação do sistema de AP, já que esses valores variam demasiadamente e que a decisão está diretamente relacionada à vontade do agricultor. A distribuição dos valores está melhor explicitada na Figura 2.

Os equipamentos considerados no segundo sistema tecnológico correspondem aos mais comumente utilizados e podem ser empregados nas diferentes fases de cultivo. O item de maior

impacto desse sistema foi a aquisição de um monitor de taxa variável, correspondendo a 34% do custo total: trata-se de um equipamento multifuncional utilizado para aplicação dos mais variados insumos em diferentes fases de cultivo.

Para o sistema 3, que obteve um custo horário calculado em R\$ 105,04, foi prevista a aquisição de barra de luzes, monitor de taxa variável, sensor de barras de pulverização, piloto automático hidráulico com válvula, *software* para geração de mapas, sistema de correção de sinal RTK e um VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado), previu ainda a contratação de um profissional de nível superior com especialização na área para comandar a operacionalização das atividades, cursos de capacitação de 120 horas para operadores de máquinas e a instalação de uma central de comando equipada com *notebook* e rádios de comunicação. A distribuição dos valores está melhor explicitada na Figura 3.

Chen et al. (2009) ressaltam que as tecnologias de agricultura de precisão fazem com que os gastos com a utilização de insumos (agroquímicos, fertilizantes, combustíveis, trabalhadores e

Figura 2. Distribuição do percentual de custos do sistema 2.

Figure 2. Distribution of the percentage of costs of the technological system 2.

Figura 3. Distribuição do percentual de custos do sistema 3.

Figure 3. Distribution of the percentage of costs of the technological system 3.

maquinários) sejam mais eficazes e que também haja ganhos de produtividade.

Silva et al. (2007), estudando a viabilidade econômica do sistema de AP para soja no Brasil, constatou que a AP é uma alternativa melhor que a agricultura convencional, pois a incorporação de tecnologias no campo, ainda que dispendiosa inicialmente, pode garantir maior produção e queda do custo unitário, o que torna o sistema mais recompensador a longo prazo.

Em relação aos custos horários totais nos diferentes sistemas estudados, Tabela 5, os maiores custos obtidos foram: no sistema 1, com a coleta e análise do solo (68%); no sistema 2, com equipamentos (74%); e no sistema 3, com mão de obra (58%).

Para o agricultor familiar, que não precisará utilizar equipamentos para automação de maquinário, o item mais importante é conhecer a variabilidade do solo, fator que culmina em maior custo. Em um imóvel de médio porte, onde já existe maquinário para as atividades de produção em sistema convencional, a aquisição de equipamentos de AP para serem acoplados representa o maior investimento. Já a adoção de um sistema de AP em alto nível de tecnificação, previsto para o terceiro sistema, requer alto investimento, pois esses equipamentos são sofisticados e exigem operação e manutenção por mão de obra especializada, o que encarece o sistema.

Cabe ressaltar que neste trabalho foram considerados os principais equipamentos para a implementação da AP, porém outros podem ser adquiridos e nem sempre com altos custos de investimento. Todos os serviços de AP podem ser terceirizados, o que minimiza os custos com mão de obra.

4 Conclusões

Os resultados indicam que o conceito agricultura de precisão pode ser aplicado desde a forma mais simples à mais sofisticada, em unidades de produção de pequeno, médio e grande porte, devido a uma gama de tecnologias e equipamentos e serviços especializados disponíveis no mercado.

A adoção da agricultura de precisão não está restrita a equipamentos de alta sofisticação e investimentos caros, qualquer propriedade (pequena, média e grande) pode implementar a AP em todas as etapas da produção agrícola ou em partes dela – a sua adoção pode contribuir para a diminuição dos custos de produção, assim como para a minimização dos impactos provenientes do uso indiscriminado de insumos.

Referências

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES. *Apoio financeiro*. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Programas_e_Fundos/pronamp.html>. Acesso em: 12 jul. 2015.

BERNARDI, A. C. C.; FRAGALLE, E. P.; INAMASU, R. Y. Inovação tecnológica em agricultura de precisão. In: INAMASU, R. Y. et al. (Org.). *Agricultura de precisão: um novo olhar*. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. p. 297-302.

BRAMLEY, R.; TRENGOVE, S. Precision agriculture in Australia: present status and recent developments. *Engenharia Agrícola*

Jaboticabal, v. 33, p. 575-588, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162013000300014>.

BRASIL. Lei nº 4.950-A, de 22 de abril de 1966. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 29 abril de 1966. Seção I, p. 4547. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/14950a.htm>. Acesso em: 15 jul. 2015

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. *Agricultura de precisão*. Brasília: Mapa; ACS, 2013. 36 p.

BRASIL. Decreto nº 8.381, de 29 de dezembro de 2014. Regulamenta a Lei nº 12.382, de 25 de fevereiro de 2011, que dispõe sobre o valor do salário mínimo e a sua política de valorização de longo prazo. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 30 dez. 2014. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/decreto/d8381.htm>. Acesso em: 25 jul. 2015.

CARGNIN, M.; BEZZI M. L. Júlio de Castilhos/RS: a cadeia produtiva da soja como agente reorganizador do seu espaço agrário. *Revista Ra' e Ga - O Espaço Geográfico em Análise*, v. 21, p. 20-50, 2011. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v21i0.21230>.

CHEN, W; BELL, R.W.; BRENNAN, R.F.; BOWDEN, J.W.; DOBERMANN, A.; RENGEL, Z.; PORTER, W. Key crop nutrient management issues in the Western Australia grains industry: a review. *Australian Journal of Soil Research*, v. 47, n. 1, p. 1-18, 2009. <http://dx.doi.org/10.1071/SR08097>.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. *Custos de produção agrícola: a metodologia da Conab*. Brasília: Conab, 2010. 60 p.

EDWARDS, W. M. *Estimating farm machinery costs*. Cidade: Department of Economics; Iowa State University, 2011. Disponível em: <<https://www.extension.iastate.edu/agdm/crops/html/a3-29.html>>. Acesso em: 16 ago. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Visão 2014-2034: o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira*. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 53 p.

INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C.; NAIME, J. M.; QUEIROS, L. R.; RESENDE, A. V. VILELA, M. F.; BASSOI, L. H.; PEREZ, N. B.; FRAGALLE, E. P. et al. Estratégia de implantação, gestão e funcionamento da rede agrícola de precisão. In: INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C.; NAIME, J. M.; QUEIROS, L. R.; RESENDE, A. V.; VILELA, M. F.; BASSOI, L. H.; PEREZ, N. B.; FRAGALLE, E. P. et al. *Agricultura de precisão: um novo olhar*. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2011. p. 31-40.

MCBRATNEY, A.; WHELAN, B.; ANCEV, T. Future directions of precision agriculture. *Precision Agriculture*, v. 6, n. 1, p. 7-23, 2005. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/2Fs11119-005-0681-8>>. Acesso em: 14 jul. 2015.

PACHECO, E. P. *Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas*. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 21 p.

PIACENTINI, L.; SOUZA E. G.; URIBE-OPAZO, M. A.; NÓBREGA, L. H. P.; MILAN, M. Software para estimativa do custo operacional de máquinas agrícolas-MAQCONTROL. *Engenharia Agrícola*, v. 32, n. 3, p. 609-623, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162012000300020>

SEARCY, S. W. *Precision farming: a new approach to crop management*. College Station: Texas Agricultural Extension Service, Texas A & M University System, 1997. Disponível em: <http://lubbock.tamu.edu/files/2011/10/precisionfarm_1.pdf>. Acesso em: 7 set. 2015.

SILVA, C. B.; VALE, S. M. L. R.; PINTO, F. A. C.; MULLER, C. A. S.; MOURA, A. D. The economic feasibility of precision agriculture in Mato Grosso do Sul state, Brazil: a case study. *Precision Agriculture*, v. 8, p. 255-265, 2007. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11119-007-9040-2>>. Acesso em: 2 set. 2015.

TEY, Y. S.; BRINDAL, M. Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications. *Precision Agriculture*, v. 13, p. 713-730, 2012. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11119-012-9273-6>>. Acesso em: 29 jul. 2015.

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M.F. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. *Ciência Rural*, v. 32, n. 1, p. 159-163, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782002000100027>.

ZANON, R. S. *Organização familiar agrícola: o caso da produção de soja no sul do Brasil*. 2011. 111 f. Dissertação (Mestrado em Administração)-Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011

Contribuição dos autores: Walciney José das Chagas Oliveira, Patrícia Pereira dos Santos e Débora Rodrigues Oliveira Santos, contribuíram com a revisão de literatura, identificação de fornecedores e cotação dos produtos e serviços, análise estatística e escrita científica; Gabriel Araújo e Silva Ferraz contribuiu com revisão de literatura, revisão e correção técnica e gramatical do trabalho; Murilo Machado de Barros, contribuiu com a identificação de fornecedores e com revisão e correção técnica e gramatical do trabalho.

Fonte de financiamento: Não houve fonte de financiamento.

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.