

Adoção da Agricultura de Precisão No Brasil

Alberto C. de Campos Bernardi¹; Ricardo Y. Inamasu^{2,3}

¹Embrapa Pecuária Sudeste, CEP 13560-970, São Carlos, SP

²Embrapa Instrumentação, São Carlos - SP.

³Bolsista do CNPq

*E-mail: alberto.bernardi@embrapa.br

Resumo: O entendimento dos fatores que condicionam a adoção da AP pode ser decisivo para traçar estratégias que possibilitem sua disseminação pelos setores do agronegócio brasileiro. Este estudo teve como objetivo avaliar a adoção e uso das tecnologias de AP por produtores das principais regiões agrícolas brasileira. O levantamento foi feito com a aplicação de questionário a 301 proprietários e administradores. Os resultados indicaram que o perfil dos proprietários e administradores de propriedades que adotam a AP é jovem, instruído, propenso a utilizar mais tecnologias e informática e cultivam grandes extensões de terras. O tempo médio de adoção das tecnologias de AP é de 4 anos. Os principais produtos agrícolas cultivados com ferramentas de AP são a soja e milho, seguido pelas culturas do trigo e feijão. As propriedades que adotam AP possuem equipamentos, porém são subutilizados. Os sistemas de navegação (barra de luz e piloto automático) e para aplicação de insumos a taxas variadas são os equipamentos mais frequentes nas propriedades. As principais atividades em que a AP está presente são na aplicação de corretivos do solo e colheita. A maior parte das atividades de AP é realizada por terceiros. A grade amostral utilizada varia de 3 a 5 ha. As principais fontes de informação dos produtores têm sido os consultores, cursos e treinamentos, e feiras e exposições agropecuárias. Existe a percepção de que a adoção da AP pode aumentar a produtividade, o retorno econômico, a qualidade do produto e reduzir o impacto ambiental negativo.

Palavras-chave: fatores de adoção, ferramentas de AP, agricultores

Adoption of Precision Agriculture in Brazil

Abstract: Understanding the factors that influence the adoption of AP can be decisive to devise strategies that will enable its dissemination by Brazilian agribusiness. This study aimed to evaluate the adoption and use of PA technologies by producers of major agricultural regions of Brazil. The survey was conducted through applying a questionnaire to 301 land owners and managers. The results indicated that the profile of the owners and property managers who adopt the AP is young, educated, more likely to use technology and informatics and cultivate large areas. The average time of adoption of technologies is 4 years. The main agricultural products cultivated with tools AP are soybeans and corn, followed by wheat and beans. The properties that take AP have equipment, but are underutilized. Navigation systems (light bar and auto guidance) and variable rate are the most common equipment in the farms. The main activities in which the AP is present are in the application of soil amendments/fertilizer and harvest. Most of the activity of AP is performed by a third party. The soil sampling grid used ranges from 3 to 5 ha. The main sources of information producers have been consultants, courses and training programs, and agricultural fairs and exhibitions. There is a perception that the adoption of AP can increase productivity, economic returns, and product quality and reduce the negative environmental impact.

Keywords: adoption factors, PA tools, farmers



1. Introdução

O primeiro mapa de produtividade derivado de um monitor de rendimento acoplado ao GPS foi produzido na Alemanha, em 1990 a partir de uma cultura de canola (SCHNUG; HANEKLAUS; LAMP, 1991). Desde então, a Agricultura de Precisão tornou-se acessível aos produtores com o surgimento de vários equipamentos e tecnologias. Os produtores de grãos e algodão dos EUA dominaram as tecnologias e expandiram as atividades com a AP. De acordo com Griffin e Lowenberg-DeBoer (2005) no início da década de 2000, cerca de 90% dos monitores de produtividade do mundo estavam em operação nos EUA. Cerca de 28% da área de milho plantada e 22% da área plantada de soja possuíam o rendimento monitorados com estes equipamentos (WINSTEAD et al., 2010). Os principais fatores para a adoção das tecnologias de AP nos EUA foram o aumento da eficiência dos sistemas de produção, com a otimização dos custos por meio da aplicação de fertilizantes à taxa variável (GODWIN et al., 2003; DOERGE, 2005) e a maximização do rendimento (KITCHEN, 2008). Na Europa, o grande interesse para a adoção da AP foi o potencial como ferramenta para minimizar os efeitos ambientais negativos da produção agrícola (BONGIOVANI; LOWENBERG-DEBOER, 2004; STOOBVOGEL; BOUMA, 2005), e também para o rastreamento do produto (McBRATNEY et al., 2005). Para Geebers e Adamchuk (2010) é também um dos meios para se alcançar a segurança alimentar. Apesar do grande avanço inicial a taxa de adoção da AP teve um ritmo reduzido a partir dos anos 2000 (DABERKOW; McBRIDE, 2003). As barreiras para a adoção foram discutidas por Kitchen et al. (2002) e McBratney et al. (2005).

As projeções do MAPA para 2022 (BRASIL, 2012) indicam que a produção de grãos aumentará 22%, sendo a soja o produto principal, com média de 2,3% ao ano. Os produtos trigo, milho, carnes (frango, bovina e suína) deverão também liderar esse crescimento. Neste cenário de expansão da produção, de acordo com Inamasu et al. (2011), o uso do conjunto de tecnologias da Agricultura de Precisão na gestão da propriedade, considerando a variabilidade espacial para maximização do retorno econômico e minimização dos riscos

de dano ao meio ambiente pode ser decisivo. Porém, a adoção da AP nos diversos setores do agronegócio brasileiro está ocorrendo em um ritmo inferior ao da expansão da produção. A situação é semelhante em outras regiões do mundo (GRIFFIN; LOWENBERG-DeBOER, 2005).

No Brasil ainda são escassos os estudos sobre a adoção das tecnologias de AP e os fatores condicionantes de sua adoção. A análise conduzida por Griffin e Lowenberg-DeBoer (2005) sugeriu que a adoção da PA no Brasil estava ocorrendo de forma lenta e desigual. Entre os fatores que contribuíam para este atraso na adoção da tecnologia estavam os preços relativamente baixos da terra, baixo custo da mão-de-obra, pouco uso de informática nas propriedades rurais e o custo elevado dos equipamentos importados de alta tecnologia. Os outros estudos sobre a adoção no Brasil são de Silva, De Moraes e Molin (2011), para o setor sucro-alcóoleiro do Estado de São Paulo, Borghi et al. (2011), com uma abordagem para o Estado do TO e de Anselmi (2012) para o Rio Grande do Sul.

Tey e Brindal (2012) revisaram vários artigos sobre a adoção da AP e levantaram 34 fatores ligados a esta tomada de decisão. Estes fatores podem ser agrupados em sete categorias: 1) sócio-econômicos (idade do produtor, educação formal, tempo de experiência em agricultura), (2) agro-ambientais (propriedade e arrendamento da terra, parceiros, especialização, tamanho da propriedade, qualidade do solo, área da cultura principal da propriedade, produtividade, dívidas, renda, oportunidades de emprego, diversificação da produção, pecuária); 3) institucionais (distância do fornecedor de fertilizantes, contratos futuros, região, pressão para desenvolvimento); 4) informativos (consultores e serviços de extensão); 5) percepção do produtor (rentabilidade); 6) comportamentais (desejo do produtor) e 7) tecnológicos (mapas de produtividade, irrigação, uso do computador, geração de mapas de recomendação).

O entendimento dos fatores que condicionam a adoção da AP pode ser decisivo para traçar estratégias que possibilitem sua disseminação pelos setores do agronegócio brasileiro. Dessa forma este estudo teve como objetivo avaliar a adoção e uso das tecnologias de AP por produtores das principais regiões agrícolas brasileira.

2. Material e métodos

Elaborou-se um questionário, que abordava inicialmente questões gerais, para caracterização do entrevistado (idade, gênero, grau de instrução, renda), da propriedade (localização, área, propriedade da terra, arrendamento, textura do solo, relevo), e o sistema de produção adotado (culturas e práticas conservacionistas e culturais). Em seguida eram apresentadas questões sobre uso de tecnologias (computador, celular, acesso à internet) e agricultura de Precisão (uso, ferramentas e equipamentos, atividades, execução das atividades, fontes de informação, grade e frequência de amostragem do solo). Houve também questões subjetivas sobre a percepção dos produtores sobre o uso da AP em sua região (taxa de adoção e expectativa de crescimento) e efeitos do uso da AP sobre produtividade, rentabilidade, custo, qualidade do produto e meio ambiente.

O questionário foi aplicado, entre 10/setembro e 13/novembro/2012 durante os Seminários sobre Agricultura de Precisão, promovidos pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Rural - SENAR (<http://www.canaldoprodutor.com.br/agricultura-precisao/programacao-seminarios/>) e realizados nas localidades: Balsas, MA; Bom Jesus, PI; Maracaju, MS; Campo Verde, MT; Luís Eduardo Magalhães, BA; Cascavel, PR; Não me Toque, RS, Patos de Minas, MG e Rio Verde, GO. Os participantes dos seminários eram produtores, técnicos da extensão, consultores, funcionários de empreendimento agropecuários, professores e alunos. A partir das respostas coletadas selecionou-se 301 questionários para análise preenchidos exclusivamente por produtores e administradores de propriedades.

As respostas foram tabuladas e sua avaliação permitiu traçar o perfil dos produtores que tem utilizado a AP nas principais regiões agrícolas do Brasil.

3. Resultados e Discussão

A idade e grau de instrução são motivadores para o uso das novas tecnologias e algumas diferenças foram observadas na caracterização dos proprietários e administrados que adotam o sistema de cultivo convencional e os que adotam

a AP (Tabela 1). O questionário apresentado em todas as regiões obteve 301 respostas, sendo que 47% utilizavam o sistema convencional e o restante (53%) adotavam a AP. A idade média dos entrevistados que utilizam o sistema convencional foi de 39,3 anos, enquanto dos que adotam a AP foi de 35,5 anos. Os resultados de pesquisa realizada por Roberts et al. (2004) já havia indicado a menor probabilidade de adoção da AP pelos produtores mais velhos. Com relação ao gênero, mais de 80% dos entrevistados eram homens. O grau de instrução dos entrevistados indicou que mais de 42% possuíam curso superior (Tabela 1), porém houve algumas diferenças considerando o uso da AP, com a tendência de elevação do grau de instrução, uma vez que houve maior porcentagem de entrevistados com cursos de pós-graduação que utilizam a AP (19%) que os que utilizam cultivo convencional (11%). E também uma tendência de diminuição da percentual de entrevistados com 1 e 2 graus que adotam a AP. Anselmi (2012) observou a mesma tendência de elevada escolaridade entre os adotantes no RS. Daberkow e McBride (2003) haviam já indicado que os produtores mais novos tendiam a ter maior grau de instrução e isso interferia positivamente na adoção da AP.

Os resultados indicaram maior renda no grupo de proprietários e administradores que utilizam a AP. A maioria da renda dos entrevistados que adotam AP estava entre 5 a 10 salários mínimos (31%) ou acima de 10 salários (38%), enquanto que no sistema convencional de cultivo as tendência foi de maior número de entrevistados com renda abaixo de 5 salários (29%) e entre 5 a 10 salários mínimos (34%). Rogers (2003) indicou que os inovadores, ou os que adotam a tecnologia mais cedo, possuem características diferentes daqueles que não adotam ou adotam mais tardiamente as tecnologias, sendo que estes possuem maior grau de escolaridade, estão mais expostos aos meios de comunicação de massa e interpessoal, maior contato com agentes de mudança, maior disponibilidade de capital e proximidade com outros adotantes.

O tamanho das propriedades refletiu o tipo de uso e a região (Tabela 2), sendo que tendem a serem maiores as propriedades nas quais a AP está sendo utilizada. Na região Sul, as propriedades apresentaram entre 171 e 272 ha no cultivo convencional e 287 e 408 ha para as que

Tabela 1. Caracterização dos proprietários que adotam os sistemas convencional e AP.

Estado	N		Idade		Gênero		Instrução				Renda (salário mínimo)												
	Conv.	AP	Conv.	AP	Fem	Masc	1ario	2ario	Sup	PG	1ario	2ario	Sup	PG	< 5	5 a 10	> 10	< 5	5 a 10	> 10			
	Conv.	AP	Conv.	AP	Conv.	AP	Conv.			AP			Conv.		AP								
BA	6	6	44,0	36,7	83,3	0,0	100,0	0,0	16,7	83,3	0,0	16,7	33,3	33,3	0,0	33,3	66,7	0,0	33,3	66,7	16,7	50,0	16,7
PI	9	12	33,0	30,1	0,0	77,8	0,0	83,3	0,0	22,2	77,8	0,0	33,3	16,7	25,0	8,3	33,3	22,2	11,1	33,3	16,7	16,7	41,7
MA	8	13	41,4	34,3	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	25,0	75,0	0,0	15,4	30,8	38,5	15,4	12,5	62,5	12,5	62,5	38,5	38,5	15,4
GO	17	14	31,6	25,3	23,5	76,5	21,4	42,9	5,9	11,8	70,6	11,8	0,0	7,1	85,7	7,1	35,3	23,5	23,5	23,5	21,4	14,3	50,0
MS	9	35	46,9	41,5	11,1	77,8	14,3	74,3	0,0	44,4	33,3	22,2	2,9	40,0	40,0	17,1	0,0	44,4	44,4	33,3	0,0	31,4	54,3
MT	7	12	31,8	32,3	71,4	0,0	16,7	75,0	0,0	14,3	57,1	14,3	8,3	41,7	25,0	25,0	71,4	0,0	14,3	0,0	16,7	25,0	50,0
MG	15	15	42,1	38,5	6,7	80,0	6,7	80,0	6,7	46,7	26,7	20,0	0,0	6,7	66,7	26,7	20,0	40,0	40,0	26,7	20,0	26,7	53,3
PR	53	31	44,5	42,1	1,9	96,2	0,0	96,8	24,5	34,0	26,4	11,3	12,9	38,7	32,3	16,1	28,3	43,4	43,4	22,6	16,1	38,7	32,3
RS	17	22	38,4	38,5	17,6	82,4	13,6	81,8	5,9	47,1	23,5	11,8	9,1	9,1	45,5	31,8	52,9	35,3	35,3	0,0	31,8	36,4	18,2
Total	141	160	39,3	35,5	11,3	83,0	8,8	81,3	11,3	31,9	41,8	11,3	9,4	26,9	43,1	18,8	29,1	34,0	34,0	24,8	17,5	31,3	38,8

Tabela 2. Caracterização e sistemas de produção das propriedades que adotam o sistema convencional e AP.

Estado	Área (ha)		Textura do solo						Relevo						Plantio direto		Rot. culturas				
	Conv.	AP	Are	Med	Arg	Are	Med	Arg	Plana	S.ond	Ond	Decl	Decl	Plana	S.ond	Ond	Decl	Conv.	AP	Conv.	AP
BA	1940	2645	66,7	33,3	0,0	33,3	66,7	0,0	66,7	33,3	0,0	0,0	0,0	83,3	16,7	0,0	0,0	66,7	100,0	33,3	83,3
PI	1975	5120	11,1	77,8	11,1	50,0	41,7	8,3	44,4	55,6	0,0	0,0	0,0	66,7	25,0	0,0	0,0	66,7	75,0	33,3	58,3
MA	1691	5531	0,0	62,5	37,5	69,2	23,1	0,0	75,0	25,0	0,0	0,0	0,0	30,8	69,2	0,0	0,0	75,0	100,0	50,0	76,9
GO	407	1167	17,6	64,7	17,6	7,1	71,4	21,4	41,2	52,9	0,0	0,0	0,0	57,1	50,0	0,0	0,0	52,9	64,3	23,5	21,4
MS	815	1699	11,1	44,4	44,4	2,9	28,6	68,6	55,6	55,6	11,1	0,0	0,0	20,0	74,3	8,6	2,9	66,7	94,3	44,4	34,3
MT	504	1921	0,0	71,4	14,3	8,3	75,0	16,7	57,1	28,6	0,0	0,0	0,0	33,3	41,7	25,0	0,0	57,1	91,7	42,9	16,7
MG	907	846	6,7	60,0	26,7	6,7	73,3	26,7	26,7	40,0	26,7	6,7	6,7	46,7	60,0	6,7	0,0	13,3	80,0	26,7	60,0
PR	171	408	0,0	22,6	75,5	3,2	32,3	64,5	1,9	62,3	30,2	7,5	3,2	3,2	64,5	38,7	3,2	86,8	90,3	32,1	67,7
RS	272	287	17,6	35,3	47,1	4,5	54,5	36,4	0,0	58,8	41,2	0,0	0,0	0,0	59,1	31,8	13,6	88,2	100,0	35,3	59,1
Total	977	2357	9,2	43,3	45,4	14,4	46,3	38,8	24,8	52,5	19,9	3,5	3,5	27,5	58,1	16,3	3,1	69,5	89,4	33,3	51,3

adotam a AP. Em Minas Gerais (região Sudeste) existem muito pouca diferença entre os 2 sistemas (907 e 8446 ha) e ha. No Centro-oeste, existem grandes diferenças no tamanho das propriedades, variando de 407 a 815 nas que utilizam o sistema convencional e de 1167 a 1921 ha nas que adotam a AP. Nos Estados do Maranhão, Piauí e Bahia, a extensão das propriedades é muito maior, estando entre 1691 e 1975 no sistema convencional e 2645 a 5531 para as adotam a AP. A influência do tamanho das propriedades na adoção da AP também foram observadas por Daberkow e McBride (1998, 2003). Estes resultados confirmam as observações de Griffin e Lowenberg-DeBoer (2005) de que as maiores escalas de produção tendem a favorecer a adoção de tecnologias de AP.

Com relação à textura do solo nas regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste aparentemente não existem diferenças entre os sistemas de cultivo (Tabela 2). Já na região da nova fronteira agrícola do Brasil, Maranhão, Piauí e Bahia, caracterizada pela estação chuvosa definida e solos arenosos e de baixa fertilidade natural, existe uma tendência das propriedades do PI e MA utilizarem AP em propriedades com solos mais arenosos (50 e 69%, respectivamente), enquanto que na BA prevalecem as propriedades com solos de textura média (67%). De acordo com Daberkow e McBride (2003) a localização da propriedade, a fertilidade do solo, e o nível de acesso às informações influenciam a adoção de tecnologias como a AP. As diferenças no relevo são observadas entre as regiões produtoras e não influenciam os sistemas de cultivo (convencional ou AP). O uso de plantio direto e da rotação de culturas apresenta uma tendência de serem mais utilizados nas propriedades que utilizam a AP, indicando uma maior adequação tecnológicas destas propriedades às condições de cultivo.

O uso de computadores na gestão da propriedade é o primeiro passo em direção da adoção da AP, uma vez que a informática é parte integrante desse processo (ROBERTS et al. 2004). O levantamento indicou (Tabela 3) diferenças relevantes entre as propriedades que utilizam o sistema convencional e as que utilizam a AP. Entre os que adotam a AP, 74% utilizam a informática na gestão enquanto que este valor é de apenas 47% para as que não adotam as tecnologias. Essa diferença já também havia sido observada por

Daberkow e McBride (1998). No entanto, estes valores são maiores que os 14% observados em levantamento sobre o uso de compactadores em propriedades rurais do Estado de São Paulo (FRANCISCO; PINO, 2002) e estão próximos dos valores relatados para os EUA e Argentina (GRIFFIN; LOWENBERG-DeBOER, 2005). Nas propriedades que afirmam não utilizar a informática na gestão, provavelmente, têm utilizado registros limitados às anotações, que muitas vezes não são devidamente organizados e são de difícil recuperação. Com isso, perdem o grande potencial de examinar os problemas potenciais através da análise da informação armazenada (LARSON et al. 2008). Quando questionados sobre o uso de laptop no campo, apenas 38% dos que adotam AP afirmaram utilizar este recurso, e apenas 20% das propriedades de cultivo convencional o fazem. Outros números relevantes são que 68% das propriedades que adotam a AP possuem acesso à internet, contra apenas 46% das que utilizam cultivo convencional. Se 90% dos entrevistados possuem telefone celular, o uso de tecnologias que possibilitem mais funcionalidades, como a navegação na internet pelo telefone móvel do tipo “*Smartphones*”, é realizada por 46% dos que adotam AP e por apenas 28% do que adotam o cultivo convencional. As facilidades de acesso à internet e familiaridade com o uso de laptop no campo, pelas propriedades que utilizam a AP, indicam possibilidades interessantes, pois estes equipamentos possuem considerável capacidade computacional, são portáteis e de baixo custo. Entre as possibilidades estão o uso do software Geo-fielder (JORGE et al., 2011) para captura e gerenciamento de informações georreferenciadas em propriedades rurais.

A análise química da terra é um dos recursos mais usados no Brasil para avaliação da fertilidade do solo. Por meio de extratores químicos, procura-se determinar o grau de suficiência ou de deficiência dos elementos no solo, além de quantificar condições adversas que possam prejudicar o desenvolvimento das plantas (RAIJ, 1991). Os resultados da Tabela 4 confirmam isso, indicando que a análise de solo é uma prática comum entre os entrevistados, uma vez que 83 e 93% das propriedades sob sistema de cultivo convencional e com uso de AP, respectivamente a realizam. Destaques que 100% das propriedades

Tabela 3. Acesso a tecnologias pelas propriedades que adotam o sistema convencional e AP.

Estado	Computador para gerenciar propriedade		Laptop no campo		Acesso à internet		Celular		Celular para acessar internet	
	Conv.	AP	Conv.	AP	Conv.	AP	Conv.	AP	Conv.	AP
BA	100,0	100,0	33,3	83,3	33,3	66,7	83,3	100,0	16,7	33,3
PI	22,2	66,7	0,0	16,7	11,1	50,0	77,8	83,3	11,1	58,3
MA	62,5	92,3	25,0	84,6	50,0	76,9	100,0	100,0	62,5	30,8
GO	58,8	78,6	52,9	28,6	41,2	92,9	100,0	92,9	52,9	71,4
MS	77,8	82,9	11,1	45,7	55,6	60,0	77,8	82,9	44,4	62,9
MT	71,4	83,3	14,3	16,7	42,9	75,0	100,0	91,7	85,7	75,0
MG	33,3	66,7	13,3	33,3	33,3	53,3	93,3	100,0	20,0	46,7
PR	35,8	54,8	13,2	19,4	52,8	74,2	88,7	87,1	13,2	19,4
RS	41,2	68,2	23,5	40,9	58,8	63,6	88,2	90,9	17,6	31,8
Total	46,8	73,8	19,9	37,5	46,1	67,5	90,1	90,0	27,7	46,3

que usam AP afirmam realizá-la na BA, MA e MT. Com relação à frequência, existe uma tendência das amostragens anuais e a cada 2 anos para ambos sistemas. Alguns usuários de AP (26%) afirmam ainda que realizam análise de solo a cada 3 anos. As recomendações realizadas sem os resultados da análise de solo utilizando doses e formulações padronizadas, podem não levar em conta as reais necessidades das culturas e a disponibilidade de nutrientes no solo, o que pode causar prejuízos, pelo uso indevido de insumos, e levar à degradação ambiental, desequilíbrio nutricional e baixa produtividade.

A grade de amostragem é fundamental a avaliação da variabilidade espacial dos atributos dos solos e para estabelecer um programa de recomendação de correção e adubação do solo utilizando as ferramentas de AP. A maioria do grupo que utiliza AP (72%) realizam amostragem espacializada, com destaque para os Estados do MT, MS e MG onde estes valores são acima de 80% (Tabela 4). O tamanho da grade amostral está relacionado com a acurácia da amostragem, e também ao custo. De modo geral, a maioria dos entrevistados informou que utilizam grades de 3 a 4 ha (24%) e de 5 ha (26%). Estas grades maiores podem não ser eficientes para indicar as variações nas propriedades químicas e físicas dos solos nestas áreas (McBRATNEY et al., 2005).

A Tabela 5 indica os produtos agrícolas cultivados pelos entrevistados que adotam a AP. Os dois principais produtos são a soja (82%) e o milho (82%). E também com destaque aparecem as culturas do trigo (22%) e do feijão (13%). Em seguida aparecem as culturas da cana (5%), sorgo (5%) e algodão (4%). O levantamento sistemático anual da produção agrícola brasileira, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (INSTITUTO..., 2013) indicou que, atualmente, a produção de soja no Brasil é liderada pelos estados do MT, PR e RS. E a liderança destes estados também se reflete na porcentagem de propriedades que adotam AP na produção de soja. O levantamento do IBGE indica também que a produção de soja está evoluindo para novas áreas no MA, TO, PI e BA, que em 2012 responderam por 10% da produção Brasileira. E os dados do levantamento também indicam uma tendência do uso de AP na produção desta leguminosa pelos produtores da nova fronteira agrícola brasileira.

A produção nacional do milho é mais dispersa no país (INSTITUTO..., 2013), sendo que as maiores regiões produtoras são o Sul e o Centro Oeste, com destaque respectivamente para os PR e MT. O levantamento também indica que o milho é produzido em diferentes regiões com uso de tecnologias de AP, com destaque para MT, BA, RS, PR, MA e MS com grande porcentagem de produtores que adotam a AP. Já a produção de trigo no país concentra-se na região Sul (PR e RS), e também estão nestes estados os produtores que utilizam AP. O feijão é cultivado tipicamente por pequenos e grandes produtores em todas as regiões do Brasil, sendo os maiores produtores são PR e MG (INSTITUTO..., 2013).

Em geral a AP está sendo utilizada em 65% da área total das propriedades que adotam a técnica (Tabela 6), sendo que MS, MT, MA indicaram utilização em mais de 80% da área. A novidade do tema da AP reflete-se no tempo de adoção deste conjunto de tecnologias, uma vez que em média as propriedades o fazem há aproximadamente 4 anos. Sendo este também o tempo de adoção da AP em levantamento realizado no RS por Anselmi (2012).

O uso de mapas ou imagem aérea para gestão das propriedades ocorre em 61% dos que adotam a AP (Tabela 6). O sensoriamento remoto se baseia na aquisição de imagens de sensores ópticos e radiométricos instalados em uma plataforma aérea ou de um satélite, enquanto os sistemas de sensoriamento próximos são terrestres e ligados a um receptor GNSS. A vantagem de sensoriamento remoto é que as imagens de todo o campo podem ser capturadas em uma visada, enquanto sensores de solo proximais tem que ser movido através da paisagem para criar medições de alta densidade que podem ser mapeados (GEBBERS; ADAMCHUK, 2010). Apesar de haver vários trabalhos mostrando as aplicações do sensoriamento remoto na agricultura, Griffin e LowenDeBoer (2005) relatam que o retorno econômico do uso desta ferramenta ainda não foi bem estabelecido.

Inicialmente, no Brasil as tecnologias de AP estavam restritas ao uso de monitores de colheita de grãos para gerar os mapas de produtividade. No entanto os sistemas navegação na lavoura tiveram suas utilizações ampliadas. O levantamento (Tabela 6) indicou que as ferramentas de direcionamento (barras de luz

Tabela 4. Utilização da análise de solo e frequência de amostragem pelas propriedades e uso de amostragem georreferenciada e tamanho da grade de amostragem nas propriedades que adotam AP.

Estado	Análise de solo		Frequência (anos)					Amostragem georreferenciada			Grade de amostragem (ha)						
	Conv.	AP	Conv.					AP	1	2	3 a 4	5	1	2	3 a 4	5	> 5
			1	2	3	> 3											
BA	83,3	100,0	66,7	0,0	0,0	0,0	16,7	50,0	33,3	0,0	66,7	0,0	16,7	33,3	16,7	33,3	
PI	44,4	75,0	33,3	0,0	11,1	0,0	50,0	8,3	0,0	50,0	0,0	50,0	0,0	16,7	8,3	25,0	
MA	100,0	100,0	25,0	25,0	25,0	0,0	15,4	23,1	61,5	0,0	84,6	0,0	7,7	46,2	38,5	7,7	
GO	82,4	78,6	29,4	0,0	17,6	11,8	28,6	21,4	28,6	0,0	71,4	0,0	14,3	7,1	42,9	21,4	
MS	77,8	97,1	0,0	66,7	11,1	0,0	11,4	37,1	40,0	5,7	85,7	11,4	11,4	25,7	42,9	5,7	
MT	85,7	100,0	71,4	14,3	14,3	0,0	75,0	16,7	0,0	83,3	8,3	8,3	0,0	25,0	58,3	8,3	
MG	93,3	93,3	46,7	0,0	13,3	13,3	60,0	26,7	0,0	80,0	0,0	26,7	40,0	6,7	20,0	0,0	
PR	81,1	90,3	7,5	35,8	7,5	0,0	9,7	38,7	22,6	3,2	58,1	3,2	22,6	32,3	12,9	0,0	
RS	94,1	95,5	23,5	35,3	17,6	0,0	9,1	50,0	27,3	0,0	63,6	36,4	18,2	18,2	4,5	4,5	
Total	83,0	92,5	24,1	24,1	12,1	2,8	25,0	32,5	25,6	2,5	71,9	11,9	16,3	23,8	25,6	10,0	

Tabela 5. Produtos cultivados nas propriedades que adotam AP.

Estado	Soja	Milho	Trigo	Feijão	Cana	Sorgo	Algodão	Pecuária (corte e leite)	Arroz	Café	Milheiro	Frutas	Aveia, cevada, girassol	Hortaliças, ornamentais
BA	83,3	100,0	-	16,7	-	16,7	50,0	-	-	-	16,7	16,7	-	-
PI	50,0	41,7	-	25,0	-	-	-	8,3	25,0	-	-	-	-	-
MA	92,3	92,3	-	-	15,4	30,8	-	-	-	-	-	-	-	7,7
GO	71,4	64,3	-	28,6	21,4	7,1	7,1	21,4	-	-	-	-	7,1	14,2
MS	91,4	91,4	5,7	-	-	-	-	2,9	-	-	-	-	5,8	2,9
MT	100,0	100,0	-	-	-	-	25,0	-	-	-	-	-	-	-
MG	20,0	33,3	-	13,3	20,0	13,3	-	6,7	-	20,0	6,7	-	-	6,7
PR	96,8	93,5	51,6	29,0	-	-	-	-	-	-	-	-	29,0	-
RS	95,5	95,5	77,3	9,1	-	-	-	-	-	-	-	-	90,9	-
Total	81,9	81,9	21,9	13,1	5,0	5,0	4,4	3,8	1,9	1,9	1,3	0,6	20,0	3,2

Tabela 6. Porcentagem e tempo de uso da AP, uso de mapas e imagens aéreas e equipamentos presentes nas propriedades que adotam AP:

Estado	% da área que usa AP	Tempo que adotou AP	Mapas ou imagem aérea para gestão da propriedade	Barra de luz	Piloto automático	Propriedade possui			Colhedora com sensor de colheita	Não possui equipamentos de AP
						Semeadora/adubadora a taxa variável	Adubadora/calcareadora a taxa variável	Adubadora/calcareadora a taxa variável		
BA	70,0	3,7	33,3	50,0	66,7	83,3	50,0	50,0	50,0	16,7
PI	22,3	1,8	33,3	16,7	50,0	58,3	50,0	50,0	16,7	8,3
MA	80,0	6,7	69,2	92,3	15,4	84,6	76,9	35,7	23,1	7,7
GO	74,2	4,2	57,1	28,6	57,1	57,1	54,3	41,7	35,7	14,3
MS	86,4	4,8	65,7	48,6	45,7	54,3	54,3	41,7	14,3	11,4
MT	80,8	2,3	58,3	41,7	58,3	91,7	53,3	0,0	33,3	8,3
MG	51,6	3,4	86,7	33,3	20,0	53,3	0,0	0,0	13,3	40,0
PR	66,8	4,5	54,8	29,0	25,8	16,1	19,4	19,4	12,9	38,7
RS	56,6	3,9	68,2	45,5	22,7	22,7	31,8	31,8	13,6	27,3
Total	65,4	3,9	61,3	41,9	36,9	49,4	38,1	19,4	19,4	21,3

e piloto automático) estão em 42 e 37% das propriedades, com destaque para o MA com a indicação de que 92% possuem barras de luz e BA com 67% indicando possuir piloto automático. Silva, De Moraes e Molin (2011) indicaram que 39% das usinas de cana-de-açúcar instaladas no Estado de São Paulo adotam pilotos automáticos ou os sistemas de auto-direcionamento por satélites. Gebbers e Adamchuk (2010) relataram que esta é a ferramenta de AP mais amplamente adotada.

Os equipamentos voltados para aplicação de insumos a taxas variadas (“*Variable Rate Technology*”), como a semeadora/ adubadora e adubadora/calcareadora também são frequentes nas propriedades que utilizam AP (49 e 38%, respectivamente). Já as colhedoras com monitor de colheita estão presentes em apenas 19% das propriedades avaliadas, sendo que BA, GO e MT estes equipamentos estão presentes em maior número (50, 36 e 33%, respectivamente). Apesar dos mapas de produtividade ser excelente fonte de indicação da variabilidade espacial no campo, o custo para aquisição da colhedora equipada com o sensor pode ser o fator limitante para aquisição pelos produtores. Por outro lado, os sistemas de direcionamento apresentam custo relativamente mais baixo e provavelmente este seja o motivo de sua maior aquisição.

Quando foram questionados sobre quais atividades a AP era utilizada (Tabela 7), as atividades de aplicação de corretivos do solo e adubação foram as atividades de maior porcentagem de utilização (80 e 67%), sendo condizente com os equipamentos presentes nestes locais. Com relação à colheita, apesar da baixa porcentagem de propriedades que possuem o sensor de colheita, em 33% das propriedades esta é umas das atividades com uso das tecnologias da AP, com destaque para o MA, onde 62%. Estes valores indicam que provavelmente este serviço esteja sendo feito por terceiros. Por outro lado, apesar das semeadoras/adubadoras estarem presentes em quase metade das propriedades (Tabela 6), as atividades de semeadura com ferramentas de AP é utilizada em apenas 18% das propriedades, com exceção para GO que apresenta índices de 43%. Indicando que estes equipamentos estejam sendo subutilizados nas propriedades. A pulverização de defensivos (fungicidas, inseticidas e herbicidas) e adubos foliares e com uso de tecnologias de

AP é realizada em 28% das propriedades, com valores entre 40 a 50% nos Estados da BA, GO e RS. A atividade de irrigação de precisão ainda está em fase de desenvolvimento, como pode ser observado pelos números baixos (3,8%) de utilização, à exceção de GO que apresenta 21%.

A Tabela 7 confirma a utilização dos serviços de terceiros para realização das atividades de AP nas propriedades. Quando questionados sobre a execução destas atividades, 40% informaram que elas são realizadas inteiramente (amostragem, geração dos mapas e intervenções) por prestadores de serviço, e 41% informaram que sedem os equipamentos, porém a execução ocorre por conta dos prestadores de serviço. Apenas 17% afirmam possuir equipe e equipamentos para executarem as atividades. Estes números confirmam as informações prévias de Robertson et al. (2012) e Larson et al. (2008), segundo os quais os adotantes da AP são os que mais utilizam os serviços contratados e também consultores.

As informações sobre as práticas agrícolas são normalmente fornecidas por serviços de extensão ou consultores. As principais fontes de informação aos produtores que adotam AP (Tabela 8) têm sido os consultores (58%) e os cursos e treinamentos (49%), seguidas pelas feiras e exposições agropecuárias (35%), revendedores (29%), e internet (27%). Observa-se que os cursos e treinamentos representam uma fonte consistente de informações em AP, indicando a necessidade de fomentarem-se as atividades de instrução em todas as regiões avaliadas em especial em alguns Estados, com baixo acesso a este tipo de informação. A extensão rural representa apenas 7% das fontes de informação, que pode ser explicado devido ao tema da AP ser mais novo, mais complexo, e multidisciplinar, exigindo um grau de especialização dos profissionais. Apesar da pesquisa em AP ter avançado no Brasil nos últimos anos, por se tratar de um tema relativamente novo, existe ainda falta de informações aplicadas às condições do país, que pode ser comprovada que as publicações técnico-científicas representam apenas 16% das fontes de informação. Destaca-se que vários adotantes utilizam diversas fontes de informação, sendo esta uma característica do perfil inovador (Roger, 2003), que busca diminuir a incerteza da inovação e manter-se atualizado.

A percepção dos proprietários refere-se às avaliações pessoais e subjetivas sobre a adoção da

Tabela 7. Atividades em que a AP é utilizada execução do trabalho de AP nas propriedades que adotam AP.

Estado	Atividades que utiliza AP na propriedade					Execução do trabalho de AP na propriedade				
	Correção do solo	Adubação	Colheita	Pulverização	Semeadura	Irrigação	Realizado por prestadores de serviço	Os prestadores de serviço geram mapas, realizada por equipe e equipamentos próprios	Realizado por prestadores de serviço, utilizando equipamentos próprios	Equipe especializada, máquinas e equipamentos próprios
BA	83,3	83,3	16,7	50,0	16,7	16,7	16,7	0,0	50,0	33,3
PI	75,0	58,3	33,3	8,3	8,3	8,3	41,7	8,3	33,3	25,0
MA	92,3	92,3	61,5	7,7	0,0	7,7	15,4	0,0	84,6	0,0
GO	71,4	57,1	42,9	42,9	42,9	21,4	14,3	0,0	78,6	0,0
MS	74,3	65,7	48,6	25,7	20,0	0,0	8,6	8,6	8,6	14,3
MT	91,7	58,3	25,0	25,0	25,0	0,0	8,3	0,0	75,0	8,3
MG	86,7	60,0	13,3	6,7	20,0	0,0	6,7	0,0	60,0	6,7
PR	83,9	64,5	22,6	35,5	16,1	0,0	25,8	9,7	9,7	6,5
RS	72,7	72,7	22,7	40,9	9,1	0,0	54,5	18,2	36,4	13,6
Total	80,0	66,9	33,1	27,5	17,5	3,8	40,0	13,1	40,6	16,9

Tabela 8. Fontes de informação sobre AP nas propriedades que adotam AP.

Estado	Informações sobre AP									
	Consultores	Cursos e treinamentos	Feiras ou exposições agropecuárias	Revendedores	Internet	Publicações técnico-científica	Revistas e jornais	Propriedades vizinhas	Agentes da extensão rural	
BA	66,7	66,7	50,0	16,7	50,0	16,7	0,0	16,7	16,7	16,7
PI	25,0	41,7	16,7	41,7	16,7	0,0	0,0	16,7	16,7	0,0
MA	92,3	46,2	46,2	53,8	53,8	23,1	30,8	15,4	15,4	0,0
GO	35,7	57,1	35,7	35,7	14,3	28,6	42,9	21,4	21,4	7,1
MS	71,4	34,3	22,9	5,7	20,0	11,4	2,9	14,3	14,3	0,0
MT	91,7	41,7	41,7	33,3	16,7	0,0	8,3	8,3	8,3	0,0
MG	53,3	53,3	33,3	26,7	20,0	13,3	20,0	6,7	6,7	6,7
PR	48,4	54,8	35,5	32,3	25,8	25,8	16,1	9,7	9,7	19,4
RS	40,9	63,6	50,0	40,9	40,9	36,4	22,7	9,1	9,1	9,1
Total	57,5	49,4	35,0	29,4	26,9	18,8	15,6	12,5	12,5	6,9

Tabela 9. Percepção sobre a AP e estimativa da % adoção na região que adotam o sistema convencional e AP.

Estado	AP será realidade na sua região		Tempo para AP ser realidade na região					%adoção												
	Conv.	AP	Já é realidade	5 anos	10 anos	Nunca	Já é realidade	5 anos	10 anos	Nunca	> 5	6 a 15	16 a 30	31 a 50	< 51	> 51				
			Conv.	AP	Conv.	AP	Conv.	AP	Conv.	AP	Conv.	AP	Conv.	AP	Conv.	AP				
BA	100,0	100,0	16,7	83,3	0,0	0,0	33,3	66,7	0,0	0,0	0,0	16,7	16,7	33,3	0,0	16,7	50,0	16,7	16,7	0,0
PI	66,7	83,3	11,1	33,3	11,1	0,0	16,7	50,0	8,3	0,0	0,0	33,3	11,1	0,0	0,0	33,3	8,3	8,3	0,0	16,7
MA	100,0	100,0	37,5	37,5	25,0	0,0	76,9	7,7	7,7	0,0	0,0	25,0	25,0	12,5	12,5	0,0	7,7	46,2	30,8	7,7
GO	76,5	100,0	35,3	35,3	17,6	5,9	35,7	35,7	7,1	7,1	29,4	23,5	11,8	11,8	5,9	7,1	21,4	14,3	21,4	21,4
MS	66,7	97,1	44,4	33,3	0,0	0,0	80,0	17,1	2,9	0,0	11,1	0,0	0,0	33,3	0,0	5,7	0,0	17,1	42,9	25,7
MT	85,7	100,0	71,4	28,6	0,0	0,0	75,0	25,0	0,0	0,0	14,3	28,6	14,3	0,0	0,0	16,7	8,3	16,7	25,0	8,3
MG	93,3	93,3	33,3	33,3	26,7	6,7	46,7	26,7	13,3	0,0	33,3	13,3	20,0	20,0	6,7	6,7	26,7	33,3	20,0	0,0
PR	84,9	93,5	11,3	56,6	18,9	0,0	29,0	54,8	9,7	0,0	54,7	13,2	9,4	0,0	3,8	25,8	35,5	16,1	3,2	3,2
RS	88,2	100,0	17,6	58,8	11,8	0,0	40,9	40,9	18,2	0,0	58,8	17,6	5,9	0,0	0,0	22,7	18,2	36,4	18,2	9,0
Total	84,4	96,3	24,1	47,5	15,6	1,4	50,6	34,4	8,1	0,6	38,3	17,0	11,3	6,4	3,5	15,0	17,5	22,5	21,3	11,9

Tabela 10. Percepção sobre os efeitos da AP sobre produtividade, rentabilidade, custo, qualidade do produto e meio ambiente.

Estado	AP aumenta produtividade		% aumento										Redução no custo de produção		Retorno econômico		Melhoria a qualidade do produto		Diminuição do impacto ambiental				
	Conv.	AP	> 5	6 a 10			11 a 20			21 a 30			31 a 40			< 40	Conv.	AP	Conv.	AP	Conv.	AP	
				> 5	6 a 10	11 a 20	21 a 30	31 a 40	< 40	> 5	6 a 10	11 a 20	21 a 30	31 a 40	< 40								
BA	83,3	83,3	0,0	16,7	0,0	16,7	0,0	0,0	0,0	33,3	50,0	0,0	0,0	16,7	83,3	100,0	83,3	100,0	83,3	100,0	100,0	100,0	
PI	77,8	83,3	11,1	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	16,7	16,7	8,3	0,0	16,7	44,4	83,3	55,6	83,3	55,6	91,7	55,6	91,7	83,3
MA	75,0	100,0	12,5	25,0	12,5	0,0	12,5	0,0	0,0	7,7	61,5	23,1	0,0	0,0	87,5	100,0	75,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	92,3
GO	82,4	85,7	11,8	5,9	11,8	29,4	0,0	17,6	0,0	14,3	42,9	28,6	7,1	0,0	88,2	92,9	88,2	100,0	88,2	85,7	88,2	85,7	85,7
MS	88,9	94,3	0,0	0,0	22,2	22,2	11,1	0,0	2,9	28,6	31,4	17,1	5,7	0,0	66,7	91,4	66,7	97,1	88,9	97,1	88,9	97,1	88,9
MT	100,0	100,0	0,0	14,3	28,6	14,3	0,0	0,0	8,3	41,7	41,7	0,0	0,0	0,0	85,7	100,0	85,7	100,0	85,7	100,0	85,7	83,3	100,0
MG	93,3	100,0	0,0	13,3	13,3	6,7	0,0	40,0	13,3	26,7	20,0	13,3	6,7	6,7	100,0	100,0	93,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
PR	86,8	93,5	0,0	28,3	20,8	9,4	5,7	9,4	0,0	25,8	41,9	9,7	0,0	0,0	73,6	83,9	67,9	87,1	88,7	93,5	88,7	93,5	86,8
RS	76,5	95,5	0,0	23,5	5,9	17,6	0,0	5,9	0,0	27,3	31,8	13,6	4,5	13,6	70,6	100,0	82,4	95,5	88,2	100,0	88,2	100,0	94,1
Total	85,1	93,8	2,8	19,1	15,6	12,8	2,8	11,3	3,1	25,0	36,3	13,8	3,1	4,4	77,3	93,1	75,9	95,0	87,9	95,0	87,9	95,0	89,4

AP (Tabelas 9 e 10). A percepção dos entrevistados é otimista com relação à AP tornar-se realidade nas principais regiões agrícolas do Brasil, já 84 e 96% confirmam a afirmação (Tabela 9). As diferenças surgem quando se questionou o tempo em que a AP será efetivamente uma realidade para a região, pois para 51% daqueles que adotam a AP esta já é uma realidade, e para 48% dos que não adotam, a AP será uma realidade apenas em 5 anos. Enquanto os que não utilizam a AP afirmam que a adoção está em média em menos de 5% na sua região, 44% dos que utilizam afirmam que a adoção da AP pode ser de 16 até 50% na região.

Entre os atributos de percepção sugeridos por Rogers (2003), a vantagem relativa é utilizada para avaliar o quanto uma inovação tecnológica pode oferecer de vantagens sobre outra tecnologia. Entre as vantagens relativas, a rentabilidade deve ser a grande preocupação dos empreendimentos agropecuários, a qual é resultado da produtividade e dos custos. Entre os proprietários e administradores que adotam AP, 94% indicam que o conjunto de tecnologias pode aumentar a produtividade, enquanto que 85% dos que usam cultivo convencional concordam com esta afirmação (Tabela 10). Com relação ao percentual de aumento da produtividade, a maioria dos que adotam AP afirmam que pode ser de 6 a 10 (25%) e entre 11 a 20% (36%), enquanto que para 19% entre os que não adotam, este aumento deve ser de 6 a 10%. Com relação à redução dos custos e o retorno econômico, a maioria (93 e 95%) daqueles que adotam a AP confirmam esta afirmação, no entanto para aqueles que não utilizam AP estes são em torno de 77 e 76%. Griffin e LowenDeBoer (2005) em revisão de vários trabalhos sobre o uso da AP, indicaram que em 68% dos casos analisados os sistemas com uso da AP foram mais rentáveis que os sistemas de cultivo convencional. Para Tey e Brindal (2012) a probabilidade de adoção da AP deverá ser maior se houver maior lucro para o produtor.

No levantamento, os entrevistados foram solicitados a avaliar ainda o uso da AP sobre a qualidade do produto final e a diminuição do impacto ambiental. As diferenças entre usuários da AP e não usuários foi também percebida, porém de forma menos marcante, sendo a quase totalidade dos adotantes de AP (95 e 94%) confirmam que há melhoria da qualidade do produto e diminuição do impacto ambiental negativo com o uso da AP,

enquanto que no outro grupo estes valores foram de em torno de 88 e 89%. Esta tendência confirma os efeitos benéficos da AP sobre o meio ambiente, que já haviam sido descritos por Bongiovani e Lowenberg-DeBoer (2004) e Stoorvogel e Bouma (2005). Em estudo recente, Silva, De Moraes e Molin (2011) demonstraram a mesma tendência no setor sucroalcooleiro no Estado de São Paulo, que indicaram que as tecnologias de AP são úteis para melhorias na gestão, aumento da produtividade, redução do custo, diminuição do impacto ambiental e melhoria da qualidade da cana.

Os resultados do presente estudo evidenciam o aumento da adoção da AP entre os produtores rurais das principais regiões agrícolas do Brasil. Reforçando a necessidade de pesquisas voltadas às tecnologias de AP (detecção, mapeamento e intervenção considerando a variabilidade espacial) e também a necessidade de fomento da transferência de tecnologias de AP.

4. Conclusões

Os resultados indicaram que o perfil dos proprietários e administradores de propriedades que adotam a AP é jovem, instruído, propenso a utilizar mais tecnologias e informática e cultivam grandes extensões de terras. O tempo médio de adoção das tecnologias de AP é de 4 anos. Os principais produtos agrícolas cultivados com ferramentas de AP são a soja e milho, seguido pelas culturas do trigo e feijão. As propriedades que adotam AP possuem equipamentos, porém são subutilizados. Os sistemas de navegação (barra de luz e piloto automático) e para aplicação de insumos a taxas variadas são os equipamentos mais frequentes nas propriedades. As principais atividades em que a AP está presente são na aplicação de corretivos do solo e colheita. A maior parte das atividades de AP é realizada por terceiros. A grade amostral utilizada varia de 3 a 5 ha. As principais fontes de informação dos produtores têm sido os consultores, cursos e treinamentos, e feiras e exposições agropecuárias. Existe a percepção de que a adoção da AP pode aumentar a produtividade, o retorno econômico, a qualidade do produto e reduzir o impacto ambiental negativo.

Agradecimentos

A Rede AP agradece ao SENAR e CNA o apoio para a realização deste trabalho.

Referências

- ANSELMI, A. A. **Adoção da agricultura de precisão no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS: Centro de Estudos e Pesquisa em Agronegócio, 2012. 104 p.
- BONGIOVANNI, R.; LOWENBERG-DEBOER, J. Precision agriculture and sustainability. **Precision Agriculture**, v. 4, n. 4, p. 359-387, 2004. <http://dx.doi.org/10.1023/B:PRAG.0000040806.39604.aa>
- BORGHI, E.; LUCHIARI JUNIOR, A.; BORTOLON, L.; AVANZI, J. C.; FREITAS, A. A.; INAMASU, R. Y. Avaliação do padrão tecnológico e tendências da agricultura de precisão no Estado do Tocantins. In: INAMASU, R. Y.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. C. (Ed.). **Agricultura de precisão: um novo olhar**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. p. 314-318.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio 2011/2012 a 2021/2022**. Brasília, 2012. 50 p. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/Projecoes%20do%20Agronegocio%20Brasil%202011-20012%20a%202021-2022%20\(2\)\(1\).pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/Projecoes%20do%20Agronegocio%20Brasil%202011-20012%20a%202021-2022%20(2)(1).pdf)>. Acesso em: 6 mar. 2013.
- DABERKOW, S. G.; MCBRIDE, W. D. Farm and operator characteristics affecting the awareness and adoption of precision agriculture technologies in the US. **Precision Agriculture**, v. 4, n. 2, p. 163-177, 2003. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1024557205871>
- DABERKOW, S. G.; MCBRIDE, W. D. Socioeconomic profiles of early adopters of precision agriculture technologies. **Agribusiness**, v. 16, n. 2, p. 151-168, 1998.
- DOERGE, T. A. Nitrogen measurement for variable-rate N management in maize. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 36, p. 23-32, 2005. <http://dx.doi.org/10.1081/CSS-200042960>
- FRANCISCO, V. L. F. S.; PINO, F. A. Farm computer usage in São Paulo State, Brazil. **Revista Brasileira de Agroinformática**, v. 4, n. 2, p. 81-89, 2002.
- GEBBERS, R.; ADAMCHUK, V. I. Precision agriculture and food security. **Science**, v. 327, n. 5967, p. 828-831, 2010. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1183899>
- GODWIN, R. J.; RICHARDS, T. E.; WOOD, G. A.; WELSH, J. P.; KNIGHT, S. M. An economic analysis of the potential for precision farming in UK cereal production. **Biosystems Engineering**, v. 84, p. 533-545, 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/S1537-5110\(02\)00282-9](http://dx.doi.org/10.1016/S1537-5110(02)00282-9)
- GRIFFIN, T. W.; LOWENBERG-DEBOER, J. Worldwide adoption and profitability of precision agriculture: implications for Brazil. **Revista de Política Agrícola**, v. 14, p. 20-38, 2005.
- INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. C.; VAZ, C. M. P.; NAIME, J. M.; QUEIROS, L. R.; RESENDE, A. V.; VILELA, M. F.; JORGE, L. A. C.; BASSOI, L. H.; PEREZ, N. B.; FRAGALLE, E. P. Agricultura de precisão para a sustentabilidade de sistemas produtivos do agronegócio brasileiro. In: INAMASU, R. Y.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. C. (Ed.). **Agricultura de precisão: um novo olhar**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. p. 14-26.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema IBGE de Recuperação Automática: SIDRA**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 06 mar. 2013.
- JORGE, L. A. C.; THOMMAZO, A. D.; VALLS, V.; LIMA, D. C.; SÁ, A. A.; PAVAN, P.; INAMASU, R. Y. GeoFielder-net: sistema para scouting no campo. In: INAMASU, R. Y.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. C. (Ed.). **Agricultura de precisão: um novo olhar**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. p. 51-54.
- KITCHEN, N. R. Emerging technologies for real-time and integrated agriculture decisions. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 61, p. 1-3, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2007.06.007>
- KITCHEN, N. R.; SNYDER, C. J.; FRAZEN, D. W.; WIEBOLD, W. J. Educational needs of precision agriculture. **Precision Agriculture**, v. 3, p. 341-351, 2002. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1021588721188>
- LARSON, J. A.; ROBERTS, R. K.; ENGLISH, B. C.; LARKIN, S. L.; MARRA, M. C.; MARTIN, S. W.; PAXTON, K. W.; REEVES, J. M. Factors affecting farmer adoption of remotely sensed imagery for precision management in cotton production. **Precision Agriculture**, v. 9, n. 4, p. 195-208, 2008. <http://dx.doi.org/10.1007/s11119-008-9065-1>
- MCBRATNEY, A.; WHELAN, B.; ANCEV, T.; BOUMA, J. Future directions of Precision Agriculture. **Precision Agriculture**, v. 6, p. 7-23, 2005. <http://dx.doi.org/10.1007/s11119-005-0681-8>
- RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Potafos: Ceres, 1991. 343 p.
- ROBERTS, R. K.; ENGLISH, B. C.; LARSON, J. A.; COCHRAN, R. L.; GOODMAN, W. R.; LARKIN, S. L.; MARRA, M. C.; MARTIN, S. W.; SHURLEY, W. D.; REEVES, J. M. Adoption of site-specific information and variable rate technologies in cotton precision farming. **Journal of Agricultural and Applied Economics**, v. 36, n. 1, p. 143-158, 2004.
- ROBERTSON, M. J.; LLEWELLYN, R. S.; MANDEL, R.; LAWES, R.; BRAMLEY, R. G. V.; SWIFT, L. Adoption of variable rate fertiliser application in the Australian grains industry: status, issues and prospects. **Precision Agriculture**, v. 13, n. 2, p. 181-199, 2012. <http://dx.doi.org/10.1007/s11119-011-9236-3>

ROGERS, E. M. **Diffusion of Innovations**. 5th ed. New York: Free Press, 2003.

SCHNUG, E.; HANEKLAUS, S.; LAMP, J. Continuous large scale yield mapping in oilseed rape fields and application of yield maps to CAF. **Oilseeds**, v. 9, p. 13-14, 1991.

SILVA, C. B.; MORAES, M. A. F. D.; MOLIN, J. P. Adoption and use of precision agriculture technologies in the sugarcane industry of São Paulo state, Brazil. **Precision Agriculture**, v. 12, n. 1, p. 67-81, 2011. <http://dx.doi.org/10.1007/s11119-009-9155-8>

STOORVOGEL, J.; BOUMA, J. Precision agriculture: the solution to control nutrient emissions? In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 5., 2005. **Proceedings...** Wageningen Academic Publishers, 2005. p. 47-55.

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. <http://dx.doi.org/10.1007/s11119-012-9273-6>

WINSTEAD, A. T.; NORWOOD, S. H.; GRIFFIN, T. W.; RUNGE, M.; ADRIAN, A. M.; FULTON, J. P.; KELTON, J. Adoption and use of precision agriculture technologies by practitioners. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 10., 2010, Denver. **Proceedings...** CD-ROM.