

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM AGRONEGÓCIOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

**Felipe Dalzotto Artuzo**

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA E ECONÔMICA DA  
AGRICULTURA DE PRECISÃO A TAXA VARIÁVEL DE  
FERTILIZANTES NA CULTURA DA SOJA NO RS.**

**Porto Alegre**

**2015**

**Felipe Dalzotto Artuzo**

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA E ECONÔMICA DA  
AGRICULTURA DE PRECISÃO A TAXA VARIÁVEL DE  
FERTILIZANTES NA CULTURA DA SOJA NO RS.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócios do Centro de Estudos e Pesquisa em Agronegócios (CEPAN) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Agronegócios.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Federizzi  
Coorientador: Prof. Dr. Leonardo Xavier da Silva.

**Porto Alegre**

**2015**

### CIP - Catalogação na Publicação

Dalzotto Artuzo, Felipe  
ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA E ECONÔMICA DA  
AGRICULTURA DE PRECISÃO A TAXA VARIÁVEL DE  
FERTILIZANTES NA CULTURA DA SOJA NO RS. / Felipe  
Dalzotto Artuzo. -- 2015.  
113 f.

Orientador: Luiz Carlos Federizzi .  
Coorientador: Leonardo Xavier da Silva.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Centro de Estudos e Pesquisas em  
Agronegócios, Programa de Pós-Graduação em Agronegócios,  
Porto Alegre, BR-RS, 2015.

1. Agronegócios. 2. AP. 3. Teoria da Firma. 4.  
Teoria da Produção. 5. Produtividade. I. Carlos  
Federizzi , Luiz , orient. II. Xavier da Silva,  
Leonardo, coorient. III. Título.

**Felipe Dalzotto Artuzo**

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA E ECONÔMICA DA  
AGRICULTURA DE PRECISÃO A TAXA VARIÁVEL DE  
FERTILIZANTES NA CULTURA DA SOJA NO RS.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócios do Centro de Estudos e Pesquisa em Agronegócios (CEPAN) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Agronegócios.

Aprovada em 27 de março de 2015.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Edson Talamini – UFRGS – PPG Agronegócios

---

Prof. Dr. Christian Bredemeier – UFRGS – PPG Fitotecnia

---

Prof. Marcelino de Souza – UFRGS – PPG Agronegócios

---

Orientador Prof. Dr. Luiz Carlos Federizzi – UFRGS – PPG Agronegócios

---

Coorientador Prof. Dr. Leonardo Xavier da Silva – UFRGS – PPG Agronegócios.

*Dedico a conquista do título de Mestre a meus pais, Ademir Jorge Artuzo e Ivanete Dalzotto Artuzo, e a minha irmã, Tatiane Dalzotto Artuzo, pelo apoio, força e incentivo. Sem eles nada disso seria possível.*

## **AGRADECIMENTOS**

Este é um momento especial, o de expressar todos os sentimentos de agradecimento e de felicidade. Foram dois anos de descobertas, frustrações e aprendizados. Desta forma, dando continuidade a um objetivo, buscando novos caminhos e agregando novos sonhos, dedico algumas palavras àqueles que participaram direta e indiretamente deste momento ou pelo fato de simplesmente existirem.

Agradeço primeiramente de coração a toda minha família, em especial ao meu Pai (Ademir Jorge Artuzo), minha Mãe (Ivanete Dalzotto Artuzo), minha Irmã (Tatiane Dalzotto Artuzo) e ao meu Sobrinho/Afiliado (Murilo Artuzo Plucinski), os quais amo muito, pelo carinho, paciência e incentivo. Muito obrigado por compreenderem todos os momentos de ausência e por todo o apoio que sempre me deram.

Agradeço aos professores do CEPAN, pelo aprendizado adquirido durante estes dois anos, em especial aos professores Luiz Carlos Federizzi, Leonardo Xavier da Silva e Homero Dewes. Ao professor Luiz Carlos Federizzi, professor e orientador, pela paciência que teve comigo durante esta etapa de minha formação, pela ajuda e conselhos a mim destinados. Ao professor Leonardo Xavier da Silva, coorientador, pelas contribuições e sugestões para o desenvolvimento de pesquisa, sendo sempre atencioso e interessado no trabalho desenvolvido. E ao professor Homero, sendo impossível passar pelo programa sem reconhecer a imensa contribuição transmitida por ele, em ensinamentos e experiência de vida.

Agradeço a todos os colegas que ingressaram em 2013 no PPG, pela convivência nestes dois anos, tenham certeza que levo um pouco de cada um de vocês. Em especial ao colega Willian Fontanive Jandrey, colega de agronomia, de AP e de mestrado. Ao Pedro, Janaína, Leandro, Carla, Juliano e Marco, amigos que vou levar para sempre.

Muito obrigado a estes e aos demais, que não citados, mas que de alguma forma contribuíram para esta conquista!

E por fim, agradeço do fundo do meu coração a Deus por me iluminar e me guiar, pelas oportunidades que tive e pelas boas pessoas que colocou em minha vida.

**MEU MUITO OBRIGADO**

*“A inovação surge no justo momento em que um gênio acredita em uma loucura e desenha nas folhas da realidade o que viu sonhando...”*

Autor desconhecido.

## RESUMO

O Brasil é um grande produtor de alimentos. O cenário atual da agricultura brasileira aponta para uma produção de alimentos eficiente com o menor impacto ambiental, tendo a modernização e a inovação tecnológica dos processos produtivos papéis importantes neste processo. Dentre as modernizações e inovações tecnológicas, destaca-se a agricultura de precisão a taxa variável de fertilizantes (ATV). O objetivo deste estudo foi analisar os impactos da adoção da ATV, no ponto de vista da eficiência técnica e econômica, na cultura da soja no estado do Rio Grande do Sul-RS. Com esta finalidade, foram coletados dados por meio do envio de questionário para produtores rurais e atores-chave da agricultura de precisão (AP). A análise descritiva dos dados permitiu caracterizar a adoção da ATV na cultura da soja, bem como, descrever a perspectiva da adoção da ATV pelos produtores rurais e atores chave. A partir dos dados adquiridos pelos entrevistados, verificou-se um aumento no uso da ATV e na área destinada para soja no RS. O tempo médio de adoção é de 3,54 safras. Aproximadamente 45% dos adotantes apresentam o ensino médio completo, tendo em média 40 anos de idade. Além da ATV, as ferramentas mais adotadas são a amostragem de solo (92,60%) e a barra de luz (66,70%). Tanto os produtores rurais, quanto os atores-chave, destacam a falta de mão de obra qualificada e a falta de informação/conhecimento sobre a ferramenta de AP, como limitantes para o crescimento da tecnologia no Brasil. Já em relação aos benefícios, as informações compartilhadas foram: o uso racional de insumos, o aumento produtivo e a facilidade na tomada de decisão pelo uso da informação. Aproximadamente 82% dos produtores obtiveram redução no uso de fertilizantes com a adoção da ATV. Com o aumento no número de safras adotando a tecnologia, reduziu-se o uso de fertilizantes, o custo  $ha^{-1}$  e aumentou a produtividade nas lavouras de soja. A produção de soja estimulada com a adoção da ATV é 13,88% superior ao sistema de AC.

Palavras-chave: Agronegócios. AP. Teoria da Firma. Teoria da Produção. Produtividade.

## ABSTRACT

Brazil is a major producer of food. The current scenario of Brazilian agriculture points to a production of efficient food with less environmental impact, and the modernization and technological innovation of production proceeding have important role in this process. Among the upgrades and technological innovations, precision agriculture supported in variable rate fertilizer (ATV) deserves mention. The objective of this study was to analyze the impacts of the ATV, in view of the technical and economic efficiency in soybeans in Rio Grande do Sul - Rio Grande do Sul State (RS), Brazil. To this end, data were collected through questionnaires sent to farmers and key actors of precision agriculture (PA). The descriptive analysis of the data allowed to characterize the adoption of ATV in soybeans as well, describing the prospect of the adoption of ATV by farmers and key stakeholders. From the data acquired by the interviewees, there was an increase in the use of ATV and the area intended for soybeans in RS. The average time of adoption is 3.54 crops. Approximately 45% of adopters have completed high school, averaging 40 years of age. In addition to the ATV, the most adopted tools are the soil sampling (92.60%) and light bar (66.70%). Both farmers, as key actors, highlight the lack of skilled labor and the lack of information/knowledge about the PA tool such as limiting to the growth of technology in Brazil. In relation to the benefits, the shared information were: the rational use of inputs, the production increased and the ease in decision making through the use of information. Around 82% of producers have obtained reduction in the use of fertilizers with the adoption of the ATV. With the increase in harvests adopting the technology, the use of fertilizers and the cost per hectare were reduced, and increased productivity in soybean crops. Soybean production stimulated by adopting the ATV is 13.88% higher than in conventional farming system (AC).

Keywords: Agribusiness. AP. Theory of the Firm. Production Theory. Productivity.

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

- AC – Agricultura convencional
- AP – Agricultura de precisão
- ATV – Aplicação de corretivos e fertilizantes em taxa variável
- CBAP - Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento
- EUA – Estados Unidos da América
- FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
- FGV – Fundação Getúlio Vargas
- GPS - Sistema de Posicionamento Global
- ha – Hectares
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
- PIB - Produto Interno Bruto
- RS – Rio Grande do Sul

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01- Processo de transformação dos fatores de produção em produto .....	27
Figura 02- Fatores de produção e insumos para obtenção do produto soja.....	28
Figura 03- Participação do agronegócio no PIB brasileiro.....	36
Figura 04- Áreas cultivadas e a produção de soja no Mundo, EUA, América Latina, Brasil e Rio Grande do Sul no ano de 2013 .....	38
Figura 05- Porcentagem da participação das divisões do PIB em relação ao nacional.....	39
Figura 06- Ciclo da agricultura de precisão.....	43
Figura 07- Recorte analítico da Teoria da Produção determinante para avaliar o impacto da ATV da produção de Soja no RS.....	53
Figura 08- Modelo analítico de pesquisa contendo os principais constructos analisados.....	54
Figura 09- Localização dos municípios onde foram amostrados os produtores de soja quanto ao uso da ATV.....	60
Figura 10- Histograma da idade dos adotantes da ATV na cultura da Soja no estado do RS..	61
Figura 11- Nível de escolaridade dos adotantes da ATV na cultura da Soja no estado do RS	62
Figura 12- Média das áreas com cultivo de soja e de soja com a utilização da ATV nas safras de 2009/2010 a 2013/2014 nas propriedades analisadas no RS.....	63
Figura 13- Técnicas de AP realizadas na propriedade além da ATV .....	65
Figura 14- Histograma do número de safras que os produtores adotam a ATV na cultura da Soja no estado do RS .....	66
Figura 15- Porcentagem de produtores pelo número de safras que utilizam a ATV.....	67
Figura 16- Dificuldade na adoção da ATV .....	70
Figura 17- Barreiras para a expansão e/ou prevenção da adoção da ATV .....	71
Figura 18 - Expectativa da adoção ATV na cultura da soja antes da implementação na propriedade .....	72
Figura 19- Percepção dos benefícios da ATV na cultura da soja após a sua implementação..	73
Figura 20- Evolução da quantidade de artigos publicados relacionados à AP em nível mundial, no período de 1997 a 2014 .....	76
Figura 21- Limitação para o crescimento da AP no Brasil segundo os Atores-chave .....	79
Figura 22- Benefícios da AP segundo os Atores-chave .....	80
Figura 23- Redução no uso de fertilizante com a adoção da ATV .....	82

Figura 24- Histórico do preço da saca de soja (60 kg) no RS e no Brasil, nos anos de 2013 a 2014.....	86
Figura 25- Margem mínima, média e máxima de retorno econômico da ATV .....	88

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01- Principais conceitos da teoria da firma .....	24
Quadro 02- Principais ferramentas que estão disponíveis no mercado e têm maior probabilidade de serem adotadas pelos produtores rurais .....	42
Quadro 03- Integrantes da Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão –CBAP.....	51
Quadro 04- Descrição das variáveis que explicam os fatores de pesquisa.....	55
Quadro 05- Descrição dos testes de pesquisa.....	58

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Relação do produto com a quantidade utilizada de trabalhadores .....	32
Tabela 2- Produção de soja em sacas/ha com duas variáveis.....	33
Tabela 3- Valores do PIB brasileiro nas divisões analisadas durante o período de 2001 a 2009 .....	39
Tabela 4- Benefícios do uso de tecnologias, isoladas ou combinadas de AP, relatados na literatura.....	45
Tabela 5- Faixas de interpretação dos coeficientes da análise de correlação de Pearson .....	57
Tabela 6- Número de produtores, mínima, máxima e média da área cultivada com soja nas safras de 2009 a 2014.....	64
Tabela 7- Número de produtores, mínima, máxima e média da área destinada a ATV cultivada com soja nas safras de 2009 a 2014 .....	64
Tabela 8- Ferramentas de AP que seriam úteis futuramente na propriedade .....	68
Tabela 9- Dificuldades na adoção da ATV .....	69
Tabela 10- Diferença (%) entre a percepção da adoção da ATV na cultura da soja antes e durante a implementação .....	74
Tabela 11- Resultado da correlação das variáveis que expressam à expectativa do uso da ATV com o número de safras que utilizam a tecnologia.....	75
Tabela 12- Número de produtores que tiveram redução no uso de fertilizantes conforme o número de safras que vem adotando ATV .....	82
Tabela 13- Resultado da correlação entre a redução no uso de fertilizantes com o número de safras que o produtor adota a ATV na cultura da soja.....	83
Tabela 14- Análise de variância entre o número de safras que o produtor utiliza a ATV com a redução no uso de fertilizantes na cultura da soja.....	83
Tabela 15- Teste de média para formação de grupos homogêneos entre a redução no uso de fertilizantes na cultura da soja pelo número de safras que o produtor adota a ATV .....	84
Tabela 16- Teste de normalidade para custo e produtividade em áreas de ATV e AC.....	85
Tabela 17- Número de produtores, mínimo, máximo, média e desvio padrão da produtividade e do custo ha <sup>-1</sup> de soja em área com ATV e AC.....	86
Tabela 18- Preço médio da saca de Soja (60 kg) no RS e no Brasil, nos anos de 2013 e 2014 .....	87

Tabela 19- Teste de normalidade para o preço médio da saca de soja no RS e no Brasil nos anos de 2013 e 2014 .....	87
Tabela 20- Análise de variância entre o número de safras que o produtor utiliza a ATV com a diferença da produtividade e do custo $ha^{-1}$ entre a ATV e AC na cultura da soja .....	88
Tabela 21- Teste de média para formação de grupos homogêneos entre as diferenças de sacas/ha (ATV e AC) na cultura da soja pelo número de safras que o produtor adota a ATV.....	89
Tabela 22- Teste de média para formação de grupos homogêneos entre as diferenças de custo/ha (ATV e AC) na cultura da soja pelo número de safras que o produtor adota a ATV .....	90
Tabela 23- Regressão entre ATV e AC na variável produtividade .....	90
Tabela 24- Produção de Soja no Brasil e no RS, produção em sacas no RS e participação do RS na produção nacional nos anos de 2005 a 2014.....	91
Tabela 25- Teste de normalidade para a produção de soja do Brasil, do RS, produção em sacas no RS e participação do RS na produção nacional.....	91
Tabela 26- Projeção na produção de soja no Brasil e no RS e taxa de crescimento entre os anos, entre 2014 a 2023 .....	92
Tabela 27- Teste de normalidade para as projeções da produção de soja do Brasil, do RS e produção em sacas no RS .....	92
Tabela 28- Projeção da produção de soja no Brasil e no RS entre ATV e AC e a variação da produção entre ATV e AC nos anos de 2014 a 2023.....	93

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA .....	20
1.2 OBJETIVOS .....	20
<b>1.2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>20</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>20</b>
1.3 JUSTIFICATIVA .....	21
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>23</b>
2.1. TEORIA DA FIRMA .....	23
<b>2.1.1 Teoria da produção .....</b>	<b>25</b>
<b>2.1.2 O curto e o longo prazo .....</b>	<b>31</b>
2.1.2.1 A produção no curto prazo .....	31
2.1.2.2 A produção no longo prazo .....	33
<b>2.1.3 Eficiência técnica e eficiência econômica.....</b>	<b>34</b>
2.2 O AGRONEGÓCIO BRASILEIRO .....	35
<b>2.2.1 Cultura da Soja.....</b>	<b>37</b>
2.3 AGRICULTURA DE PRECISÃO .....	40
<b>2.3.1 Conceitos e atual conjuntura da AP .....</b>	<b>40</b>
<b>2.3.2 Ferramentas de agricultura de precisão.....</b>	<b>41</b>
<b>2.3.3 Avaliação da agricultura de precisão – aspectos econômicos e ambientais .....</b>	<b>43</b>
2.3.3.1 Aspecto ambiental .....	44
2.3.3.2 Aspecto econômico .....	46
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>50</b>
3.1 TIPO DA PESQUISA .....	50
3.2 DEFINIÇÃO DA AMOSTRA .....	50
3.3 TÉCNICA E COLETA DE DADOS .....	52
3.4 MODELO ANALÍTICO DA PESQUISA .....	53
3.5 DESCRIÇÕES DAS VARIÁVEIS .....	55
3.6 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS. ....	57
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>60</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO USO DA ATV NA CULTURA DA SOJA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. ....	60

4.2 PERSPECTIVA DA ADOÇÃO DA ATV PELOS PRODUTORES RURAIS E ATORES CHAVES. ....	68
<b>4.2.1 Percepções dos produtores rurais .....</b>	<b>68</b>
<b>4.2.2 Atores-chave da agricultura de precisão: visão acerca das perspectivas dos benefícios e dos limitantes da AP. ....</b>	<b>75</b>
4.2.2.1 Agricultura de precisão no Brasil e a perspectiva para os próximos anos .....	76
4.2.2.2 Fatores que limitam o crescimento da AP no Brasil e os benefícios gerados pela tecnologia. ..	78
<b>4.2.3 Percepções entre os produtores rurais e atores-chave .....</b>	<b>80</b>
4.3 EFICIÊNCIA TÉCNICA E ECONÔMICA DA ATV NA CULTURA DA SOJA .....	81
<b>4.3.1 Simulação da produção de soja no RS com o uso da ATV .....</b>	<b>90</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>96</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>99</b>
<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS PRODUTORES RURAIS. ....</b>	<b>99</b>
<b>APÊNDICE B– QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ATORES-CHAVE .....</b>	<b>112</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O processo de modernização e especialização dos sistemas produtivos tem culminado em significativo aumento na competitividade dos mais diversos setores da economia mundial, como, por exemplo, o agronegócio. O Brasil é um país com característica natural para o setor, pois apresenta disponibilidade de água, tecnologia, luminosidade e solo favoráveis para a produção de alimentos.

Neste contexto, um dos fatores que impulsionam e impulsionarão cada vez mais o crescimento e a competitividade do agronegócio é a modernização e a inovação tecnológica dos processos produtivos (PENG e HU, 2012). O desenvolvimento agrícola depende da inovação. A inovação é uma importante fonte para o aumento da produtividade e competitividade e para o crescimento econômico em todas as economias avançadas e emergentes, desempenhando papel importante na criação de empregos, geração de renda e redução da pobreza.

O cenário atual da agricultura brasileira caminha para uma produção competitiva e eficiente das *commodities* agrícolas. Com as estimativas de crescimento da população mundial, torna-se necessário o aumento da produção de alimentos para suprir a demanda, aliado a um menor impacto ambiental. Um dos motivos do impacto ambiental na agricultura é o uso superestimado de fertilizantes agrícolas (MUELLER *et al.*, 2013).

Em 2012, os maiores consumidores de fertilizantes (NPK) foram China, Índia, EUA e Brasil (IFA, 2013; ROQUETTI FILHO, 2014). No mesmo ano, o setor de fertilizantes totalizou 31,1 milhões de toneladas em suas vendas no Brasil (ANDA, 2014). Conforme Roqueti Filho (2014), o país apresentou uma taxa de crescimento anual no consumo de 6,13%, a maior entre todos os países. Diante disso, o uso de fertilizantes suscita o debate dos impactos ambientais e da busca pelos padrões sustentáveis de produção.

A agricultura de precisão a taxa variável de fertilizantes (ATV<sup>1</sup>) tornar-se-ia uma ferramenta para utilização eficiente de fertilizantes agrícolas, visto que o uso adequado do insumo é um passo em direção à preservação dos recursos naturais e para uma agricultura sustentável (REUTER; KERSEBAUM, 2009; JENRICH, 2011). Mesmo que a ATV compreenda a aplicação de corretivos, além de fertilizantes, para fins de pesquisa, englobar-se-á apenas o uso de fertilizantes. Nesta prática, compreender-se-ia a utilização racional e

---

<sup>1</sup> É a técnica de aplicação que varia a dose do insumo aplicado de acordo com a necessidade específica de cada ponto dentro do talhão (ANSELMINI, 2012).

pontual de fertilizantes agrícolas. Além disso, alguns estudos relatam o incremento produtivo na cultura da soja ocasionado pela adoção da ATV (WERNER, 2007; FIORIN *et al.*, 2011).

As culturas com maiores escalas de produção tendem a favorecer a adoção da tecnologia de ATV e, desta forma, o uso da técnica é mais frequente na cultura da soja. A soja apresenta aproximadamente 49% da área semeada com grãos no Brasil (MAPA, 2014). A indústria nacional processa por ano 30,7 milhões de toneladas de soja, produzindo aproximadamente 6 milhões de toneladas de óleo comestível e 24 milhões de tonelada em farelo proteico, contribuindo para a competitividade nacional na produção de carnes, ovos e leite (MAPA, 2014). Em nível mundial, o Brasil é o segundo maior produtor de soja. Já no panorama brasileiro, o Rio Grande do Sul - RS ocupa posição de destaque na produção, ficando atrás apenas dos estados do Mato Grosso e Paraná, respectivamente.

Sendo a soja o principal complexo exportador do Brasil (MAPA, 2014), o RS o terceiro maior produtor do grão em nível nacional (CONAB, 2014) e levando em consideração os benefícios gerados pela ATV, como o uso racional de fertilizantes agrícolas e ganho produtivo gerado pelos resultados das decisões de manejo do uso desta tecnologia, construiu-se o estudo sob o enfoque da teoria neoclássica da produção, subdivisão da teoria da firma, organizada por Marshall, ainda no século XIX (MOCHÓN; TROSTER, 1999) e contemporaneamente acessível em textos como os de Pindyck e Rubinfeld (2002) e Varian (2012). Esta teoria possibilita verificar se uma mudança tecnológica é capaz de tornar a produção de soja mais eficiente tecnicamente e economicamente.

Quanto aos estudos e pesquisas desenvolvidos acerca da temática da ATV, são inquestionáveis as contribuições científicas geradas frente às questões relacionadas aos parâmetros técnicos envolvidos na sua aplicabilidade prática. Por outro lado, um contingente bem mais reduzido de estudos tem se dedicado a integrar aos aspectos econômicos relacionados à utilização da ATV e seus impactos na produção de soja.

No entanto, poder-se-ia avançar no conhecimento explorando mais especificamente as potencialidades da ATV. Por essas razões, o presente estudo busca analisar as potencialidades da ATV, sob o ponto de vista da eficiência técnica e econômica e seus reflexos na cultura da soja no estado do RS.

Para tanto, estabeleceu-se o perfil dos adotantes da ATV. Em seguida, descreveu-se a perspectiva da adoção da tecnologia pelos produtores rurais e a situação da AP pelos atores-chave, bem como, comparou-se informações entre ambos, em relação à ferramenta tecnológica. Interpretou-se os resultados econômicos e técnicos a fim de avaliar a eficiência

da ATV e por fim, criou-se simulação da produção de soja no estado do RS, caso fosse adotado a tecnologia de ATV em toda a área de cultivo da cultura.

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos: introdução, referencial teórico, metodologia, resultados e discussões e considerações finais.

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Quais são os impactos técnicos e econômicos relacionados ao emprego da agricultura de precisão (aplicação de fertilizantes a taxa variável) para o cultivo da soja no estado do RS?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Analisar os impactos técnicos e econômicos relacionados ao emprego da agricultura de precisão (aplicação de fertilizantes a taxa variável) para o cultivo da soja no estado do RS?

### 1.2.2 Objetivos específicos

- a) Identificar o perfil dos adotantes da ATV na cultura da soja no estado do RS.
- b) Descrever a perspectiva da adoção da ATV pelos produtores rurais e atores chave.
- c) Analisar a eficiência técnica e econômica da ATV na cultura da soja.
- d) Criar simulação futura da produção de soja no estado do RS com a adoção da tecnologia da ATV.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Nos países em desenvolvimento, as altas taxas de crescimento econômico estão associadas com a rápida expansão da produção agrícola (GALVÃO, 2007). O Brasil é um grande país agrícola em desenvolvimento, logo, a agricultura passa a ser uma questão importante para o seu total crescimento econômico. Isso é (em retrospectiva, pelo menos) de se esperar, já que a agricultura constitui uma grande parte do Produto Interno Bruto (PIB) e das exportações. Desta forma, o aumento produtivo das *commodities* agrícolas torna-se importante, tanto para a produção de alimentos quanto para o crescimento econômico do país.

O constante aumento da produtividade agrícola está relacionado com as descobertas científicas, com a inovação, com o desenvolvimento de novas tecnologias e a sua adoção por parte dos agricultores (WATCHARAANANTAPONG *et al.*, 2014). Com a modernização da agricultura e os pacotes tecnológicos da Revolução Verde<sup>2</sup>, houve um avanço na agricultura mundial e brasileira em nível de produção e produtividade.

Ao longo da história, os avanços científicos e tecnológicos têm impactado na indústria e na agricultura. Os primeiros agricultores melhoraram a sua produção agrícola por meio de algumas inovações, como as enxadas. Hoje, os produtores buscam melhorar a sua produção por meio de outras inovações tecnológicas.

Ainda em meados do Século XX, Schultz<sup>3</sup> (1965) retratava a importância da modernização na agricultura, destacando que um país dependente de uma agricultura tradicional, de uma agricultura “antiga”, é inevitavelmente um país pobre. E, por ser pobre, gasta a maior parte de sua renda em alimentos. Mas quando um país desenvolve o seu setor agrícola, quando o agricultor passa a ter acesso ao que a ciência conhece sobre solos, plantas, animais e máquinas, os alimentos tornam-se abundantes, liberam-se braços do setor agrícola para o industrial, a renda cresce e uma parte menor dela é empregada na aquisição de alimentos.

Neste contexto, tendo em vista a importância das inovações tecnológicas e seus impactos na agricultura, este estudo busca analisar uma tecnologia específica e seu impacto na

---

<sup>2</sup> A Revolução Verde, iniciada na década de 1960, orientou a pesquisa e o desenvolvimento dos modernos sistemas de produção agrícola para a incorporação de pacotes tecnológicos que visavam, entre seus benefícios, à maximização dos rendimentos de cultivos.

<sup>3</sup> Theodore William Schultz foi um economista estadunidense, laureado com o Prémio de Ciências Económicas em Memória de Alfred Nobel de 1979. Schultz recebeu o Prémio de Ciências Económicas por seu trabalho sobre o desenvolvimento econômico, centrado na economia agrícola. Analisou o papel da agricultura na economia e seu trabalho teve profundas repercussões nas políticas de industrialização de vários países.

produção de soja. Entre as inovações tecnológicas na agricultura, destaca-se a agricultura de precisão (AP). Na área acadêmica, trabalhos sobre AP vêm aumentando em números de publicações, reforçando a importância do tema no cenário mundial.

A AP é um conjunto de ferramentas tecnológicas que permite o gerenciamento detalhado do sistema de produção. Entre este conjunto de ferramentas, encontra-se a ATV, sendo esta ferramenta utilizada como objeto para o presente estudo.

A ATV é uma das principais ferramentas adotadas pelos produtores e tem por objetivo a otimização do uso de fertilizantes agrícolas. Esta característica permite duas análises: a) questão produtiva, por meio do impacto da tecnologia na produtividade, e, b) ambiental, por meio do impacto da tecnologia no uso de fertilizantes agrícolas. Ambas as questões estão ligadas a eficiência técnica da ferramenta, o que auxilia o estudo e torna-se principal justificativa para o uso desta ferramenta na pesquisa.

A cultura da soja foi utilizada como base para o estudo, pela sua importância na economia do Brasil e por ser a cultura na qual se adota com maior frequência a tecnologia de ATV. Quanto ao local da pesquisa, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja (FAO, 2014). O estado do RS, por sua vez, destaca-se na produção nacional de soja, sendo o terceiro maior produtor em nível nacional (CONAB, 2014). Além disso, o estado do RS concentrava, até 1965, cerca de 90% do total da produção nacional de soja (COSTA, 1996).

O estudo se desenvolve a partir da Teoria da Produção, subdivisão da Teoria da Firma, a qual oferece elementos que permitem analisar o estudo com base no objetivo proposto. Além disso, possibilita um estudo original, fornecendo uma leitura sobre a utilização de uma inovação tecnológica específica e seu impacto na principal *commodity* brasileira, baseado em uma teoria, tornando assim o estudo relevante e pertinente.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem por objetivo fazer uma revisão e contextualização das literaturas que abordam a temática da presente pesquisa. Para tanto, será dividido em três seções. Na primeira seção será apresentada a abordagem teórica que fundamentará a pesquisa baseada nos principais aspectos da teoria da firma que compactue com o propósito de pesquisa, ao passo que, na segunda seção, será apresentado uma visão geral do agronegócio, focando a cultura da soja, e por fim, a terceira e a última seção abordará a conjuntura geral da AP, com seus aspectos ambientais e econômicos.

### 2.1. TEORIA DA FIRMA

A Teoria da Firma foi sintetizada por *Alfred Marshall*, procurando criar modelos que capturem a lógica do comportamento das firmas e dos mercados (TIGRE, 1998). Segundo De Camargos e Coutinho (2008, p.276):

O desenvolvimento da teoria da firma é contemplado por diferentes escolas de economistas, desde Smith (1996) e seus seguidores, os economistas clássicos, tal como Mill (1983), passando pelos economistas neoclássicos, como Marshall (1982); Institucionalistas, como Veblen (1997) e Coase (1937); Neoinstitucionalistas, como Williamson (1991); Schumpeter (1982) e Neoschumpeterianos, destacando-se Penrose (1962).

É uma teoria que apresenta um conceito microeconômico fundamentado na economia neoclássica, onde afirma que as empresas tomam suas decisões a fim de maximizar seus lucros (WALKER, 2010). A teoria da firma faz uma análise da determinação do equilíbrio (preço e quantidade) (PINDYCK & RUBINFELD, 2002). As empresas interagem com o mercado para determinar os preços e demanda e, em seguida, alocam seus recursos de acordo com modelos que buscam maximizar o lucro líquido.

A firma é o local onde ocorrem várias transformações tecnológicas para geração de um bem ou serviço, ou seja, a teoria da firma explica o comportamento da firma quando desenvolve a sua atividade produtiva (VASCONCELLOS & PINHO, 2002). A firma compra insumos (inputs, fatores de produção), processa, e vende o produto (output) no mercado. Este processo é visto como um maximizador de lucros (BATEMAN, EDWARDS & LEVAY,

1979). Isto abrange empreendimentos de modo geral, que incluem as atividades industriais e agrícolas, as atividades profissionais, técnicas e de serviços (CARVALHO, 1998; PINHO & VASCONCELLOS, 2006).

Nas empresas rurais, pode-se considerar a mesma linha de pensamento. Existe a compra de insumos (fertilizantes, sementes, defensivos), o processamento (fase de implementação da cultura até a sua colheita) e a venda do produto (comercialização). Sendo assim, alguns pesquisadores afirmam que as empresas do agronegócio são normalmente explicadas pelos princípios econômicos neoclássicos da teoria da produção da firma (SPORLEDER, 1992; BARRY, 1999). Os insumos usados na produção são chamados fatores de produção (VARIAN, 2012).

Os insumos podem ser classificados, quanto ao tempo, em variáveis e fixos. Um insumo é dito fixo se, ao expandir a sua produção, a firma não pode fazer variar o nível de utilização desse insumo, enquanto que um insumo é considerado variável se o nível de utilização do insumo variar ao se expandir o nível de produção (CARVALHO, 1998). Obviamente que, se for dado tempo suficiente, todos os insumos poderiam ser, de alguma forma, variáveis. Devido às dificuldades que as firmas encontram em expandir o capital físico no curto prazo, este insumo pode ser considerado como exemplo típico de insumo fixo. Por outro lado, devido à relativa facilidade de expandir a quantidade de trabalho não especializado no curto prazo, o mesmo pode ser considerado como um exemplo característico de insumo variável.

Para melhor entender a teoria da firma, alguns conceitos se tornam importantes, como o descrito no Quadro 1.

**Quadro 1- Principais conceitos da teoria da firma.**

<b>Nome</b>	<b>Conceito</b>
Teoria da firma	Explica o comportamento da firma quando desenvolve a sua atividade produtiva.
Firma	Unidade de produção que atua racionalmente, procurando maximizar seus resultados relativos à produção e lucro.
Produção	Transformação, pela empresa, dos fatores adquiridos em produto para a venda no mercado.
Função de produção	Relação que mostra qual a quantidade obtida do produto, com base na quantidade utilizada dos fatores de produção.
Processo de produção	Técnica por meio da qual um ou mais produtos serão obtidos pela utilização de determinadas quantidades de fatores de produção

Fonte: Adaptado de Vasconcellos & Pinho (2002)

A seguir é representada a função de produção da cultura da soja a ser adotada no estudo, a qual leva em consideração a terra como meio de produção, o capital (K), o trabalho (L) e a tecnologia empregada. Considerando a função de produção como sendo uma relação técnica que estabelece o máximo nível de produção, ou seja, considerando a terra, o K e o L como fatores fixos, a mudança tecnológica poderá ser a variável que influenciará no aumento da produção da soja. Além disso, o período do uso desta nova tecnologia, seja no curto ou no longo prazo, influenciará no aumento da produção.

**Função quanto à produção:**

$$Soja > f(T, Terra^*, K^*, L^*)$$

Nota: \* = Fator fixo.

**Função quando ao período:**

$$Soja > f(CP, LP)$$

Nota: CP = Curto prazo; LP = Longo prazo.

A produção é, antes de tudo, uma questão técnica, mas traz embutidos vários aspectos econômicos que necessitam ser analisados. Antes de começar a produzir, a firma tem de equacionar o principal problema técnico que é o de encontrar a tecnologia mais apropriada para o seu tipo de negócio, em uma diferente gama de tecnologias alternativas. No entanto, os aspectos técnicos associados à produção serão os objetivos desta análise. Todas as questões técnicas estarão, de certa forma, sumariadas pela função de produção, como a escolha da melhor combinação de insumos.

### 2.1.1 Teoria da produção

A teoria da produção é uma das subdivisões da teoria da firma. É o estudo da produção ou do processo econômico de converter insumos em produtos, preocupando-se com a relação técnica e tecnológica entre a quantidade física de produtos e de fatores de produção (ARBAGE, 2006; PENROSE, 2006).

Para Vasconcellos & Pinho (2002), a teoria da produção desempenha dois papéis importantes. O primeiro é servir como base para as análises das relações existentes entre a produção e os custos de produção, pois em uma economia moderna, cuja tecnologia e os processos produtivos evoluem diariamente, o relacionamento entre produção e custos de produção torna-se relevante para a teoria da formação dos preços. Em segundo, para servir de

apoio para a análise da demanda da firma, em relação aos fatores de produção que utiliza. A teoria da produção, no desempenho desse segundo papel relativo à análise microeconômica, demonstra que pode constituir-se no alicerce da análise da demanda da firma pelos fatores de produção.

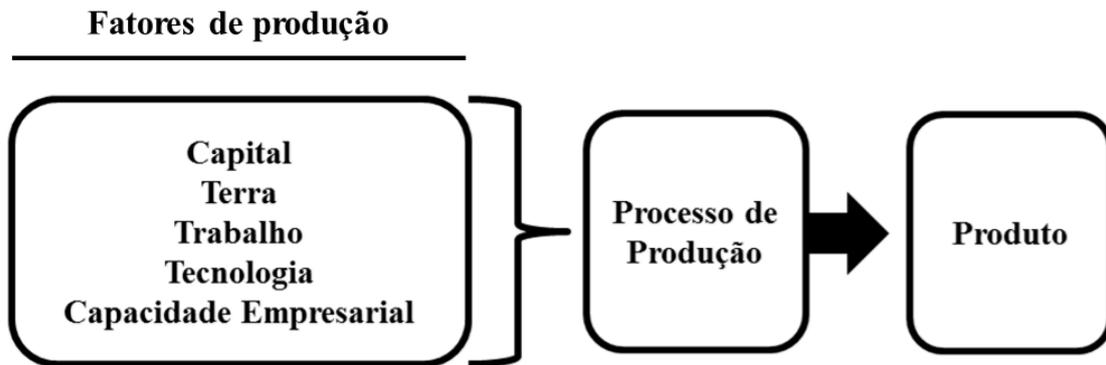
Para tanto, a teoria da produção auxilia o produtor a decidir pela combinação mais eficiente dos fatores de produção (insumos ou recursos tecnológico) necessários para a criação dos bens, isto é, que proporcione os menores custos de produção, com base nas tecnologias existentes. As tecnologias referem-se aos processos de produção, máquinas, equipamentos e capacidade de processamento de informações. O processo de produção compreende a técnica pela qual um ou mais produtos serão obtidos a partir da utilização de determinadas quantidades de fatores de produção (CARVALHO, 1998). Em termos gerais, a teoria da produção visa a proporcionar ao produtor e ao técnico responsável pela organização dos processos produtivos e gerenciais a base racional necessária para a tomada de decisão no campo da produção. Alterações de natureza física, bem como química e biológica, mudanças espaciais e temporais, alteração na qualidade e agregação de valor à produção são consideradas ações produtivas, pois criam utilidades adicionais e satisfazem necessidades dos consumidores (ARBAGE, 2006)

Os fatores de produção são definidos como sendo o capital, a terra, o trabalho, a tecnologia e a capacidade empresarial (SILVA & SINCLAYR, 1990; CAVALCANTI & GOMES, 2001; MEIRELLES, 2006). A teoria envolve alguns dos princípios mais fundamentais da economia, estes incluem a relação entre os preços das commodities e os preços dos fatores de produção utilizados para produzi-los (EKELAND & GUESNERIE, 2010). Por exemplo, na fabricação do papel, são utilizadas como matéria-prima as árvores cortadas em pedaços e as máquinas e equipamentos (capital e tecnologia) para gerar a celulose a partir da madeira, transformando-a em papel. A operação das máquinas e dos equipamentos requer a ação humana (trabalho). A atividade de produção deve ser realizada em algum local, ocupando, dessa forma, um espaço físico (terra) e, por último, a produção requer que haja supervisão e controle (capacidade empresarial). Portanto, a produção refere-se a um conjunto de atividades por meio das quais os fatores de produção (insumos, trabalho, tecnologia, capital, terra e talento empresarial) são utilizados para gerar um bem ou serviço (Figura 1).

Na teoria da produção, um conceito fundamental é o da função de produção de um bem qualquer. Essa função relaciona as quantidades de vários insumos utilizados e a quantidade máxima do bem que pode ser produzido em determinado período de tempo

(CARVALHO JUNIOR, 2011). As funções de produção podem ser apresentadas na forma de uma função matemática, uma tabela ou um gráfico e indicam as características da tecnologia em dado momento.

**Figura 1 - Processo de transformação dos fatores de produção em produto.**



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de Arbage (2006)

Deve-se ressaltar que o conceito de tecnologia ou técnica de produção difere do conceito de função de produção. Enquanto a tecnologia estabelece vários níveis de produção a partir de dadas quantidades de insumo, a função de produção vai mais além, estabelecendo o máximo nível de produção. Para Arbage (2006), a função de produção é a relação entre a quantidade física de um fator de produção e a quantidade física de um produto, ou seja, a função de produção indica o máximo produto que se pode produzir a partir da utilização de quantidades variáveis de insumo.

Escolhida a melhor tecnologia de produção, a firma (ou unidade produtiva) transforma, por meio de algum processo produtivo, insumos ou fatores de produção em produto. A função de produção representa a aplicação prática da eficiência técnica no processo produtivo de um produto. É a descrição quantitativa de várias possibilidades técnicas de produção enfrentadas por uma propriedade rural, ou seja, é uma representação da tecnologia utilizada para a produção. Essa definição permite observar que a função de produção traz embutido o conceito de eficiência técnica, visto que não é qualquer nível de produção que se busca, mas o máximo nível de produção que pode ser obtido a partir dessas dadas quantidades de insumos.

Entende-se por processo produtivo o quanto de cada fator se faz necessário para obter determinada produção (ARBAGE, 2006). Existem inúmeros processos produtivos para a

produção de determinado produto. Pode-se produzir soja a partir de um processo produtivo que privilegie o fator trabalho, utilizando-se de sementes rústicas e que exigem menos insumos modernos. Entretanto, pode-se produzir soja utilizando-se um processo produtivo que privilegie o fator capital, a partir do uso de sementes com elevado potencial genético, mas que necessita de um significativo aporte de insumos modernos para potencializar a produção.

A função de produção pode ser representada da seguinte forma matemática:

$$Q = f(x) > f(x_1, x_2, x_3 \dots, x_n)$$

Onde:

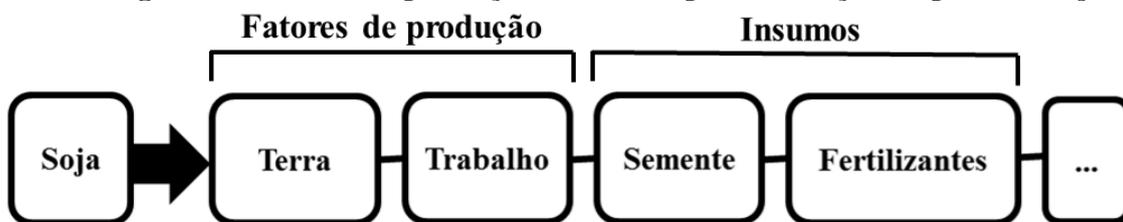
Q representa a quantidade de produto;

$x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$  representa o vetor de insumos utilizados na produção do produto;

$f(x)$  representa a função de produção.

A equação determina a quantidade máxima de produto (Q) possível de ser produzido de acordo com a tecnologia, representada por  $f(x)$ . Ao longo de uma função de produção a tecnologia é a mesma, pois entende-se por tecnologia o padrão de combinação de fatores de produção utilizadas para obter determinada quantidade de produto (ARBAGE, 2006). O exemplo da Figura 2 demonstra uma sequência de fatores de produção e insumos para a obtenção de um produto (soja).

**Figura 2 - Fatores de produção e insumos para obtenção do produto soja.**



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de Arbage (2006).

O nível de produção depende das técnicas de produção utilizada (tecnologia) e dos níveis de uso dos fatores de produção (alocação). Admitindo-se que o produtor utilizará a mais eficiente tecnologia, o problema tornar-se-ia apenas um problema de alocação dos insumos (CARVALHO, 1998).

O objetivo da investigação da função de produção é orientar a melhor compreensão das relações dos fatores de produção, fornecendo informações para os tomadores de decisão (ARBAGE, 2006). Suponha-se que uma propriedade rural produza soja utilizando-se apenas dois fatores de produção: adubo e terra. Logicamente, que para produzir soja é necessário mais do que apenas estes dois fatores de produção. Mas, com esses dois fatores, poder-se-ia

isolar e quantificar o efeito de uma variável sobre a outra, algo impossível caso inclua-se um maior número de variáveis intervenientes no fenômeno.

Neste caso, pode-se produzir soja combinando adubo e terra de diferentes formas, alterando as proporções destes fatores de produção e dependendo do processo tecnológico adotado. Com o uso da tecnologia ATV, pode-se utilizar fertilizantes de maneira racional, otimizando o insumo utilizado. Portanto, a função de produção retratará a produção obtida a partir das diferentes quantidades de fertilizantes utilizados com o uso da AP, dado um determinado padrão tecnológico e tendo em conta o fator fixo (terra).

Dependendo do processo produtivo, pode-se utilizar mais intensivamente um fator de produção em relação a outros. Porém, após escolhido o processo de produção, os resultados das diferentes combinações possíveis dos fatores de produção (variáveis e fixos) serão expressos pela função de produção.

A variável dependente da função de produção será a quantidade máxima de produção possível e, como variável independente, as quantidades variáveis do fator de produção utilizado, dado um nível tecnológico constante e tendo presente que há, ao menos, um fator de produção fixo (ARBAGE, 2006).

Portanto, uma função de produção representada por:

$$Q = f(k, l)$$

Onde,  $Q$  é o produto total,  $k$  representa a unidade de capital aplicada à produção e  $l$  representa unidades de trabalho. A função de produção é contínua e diferenciável. Para Arbage (2006), as relações entre o investimento de um único fator variável e a produção de um único produto, pode seguir uma das três formas gerais.

a. Produtividade constante do fator variável: haverá produtividade constante quando todas as unidades do fator variável aplicadas ao fator fixo resultarem em aumentos iguais no total da produção obtida. A relação entre investimento e a produção é proporcional e linear.

b. Produtividade decrescente do fator variável: ocorre produtividade decrescente do fator variável quando cada nova unidade do insumo variável impactar menos na produção total do que a unidade anterior.

c. Produtividade crescente do fator variável: quando ocorre a aplicação de unidades adicionais do fator variável e estas ocasionam aumentos crescentes na produção em relação à produção anterior.

No primeiro caso, significa que os incrementos observados na produção são diretamente proporcionais aos incrementos do insumo de produção. No segundo caso, significa que para uma mesma quantidade de insumo aplicado, as quantidades de produto obtido crescem, mas em taxas decrescentes. O último caso significa que a produção está crescendo mais do que proporcionalmente às mesmas quantidades de insumos aplicados.

Para Marshall (1920), em sua obra “Principles of Economics”, especificamente com relação à agricultura, os rendimentos decrescentes só podiam ser retardados por três fatores:

- a. Melhoria tecnológica;
- b. Melhor capital e trabalho; ou
- c. Maior eficiência produtiva do agricultor.

Para tanto, toda propriedade rural, por menor que seja, deveria ser considerada como uma empresa rural. A gestão da propriedade rural como uma empresa é um contexto propagado para a maioria dos produtores rurais. Sendo assim, é fundamental avaliar as formas de produção da propriedade. A produção é um processo coordenado que leva em consideração o trabalho e o capital com o objetivo de criar um bem ou serviço para o consumidor final (SAMUELSON & NORDHAUS, 2012). Entre esses bens, pode-se destacar a produção agrícola, que é o fruto de um conjunto de processos de produção.

As propriedades rurais necessitam ser profissionalizadas, não pensando em torná-las grandes empresas com grande intensificação tecnológica e produtiva, mas em propriedades conscientes de suas limitações, com entendimento do sistema em que estão inseridos e as possibilidades de melhorias (WANDER *et al.*, 2007). A empresa rural pode se tornar competitiva, quando consegue diminuir seu custo de produção com a mesma produtividade, ou até aumentá-la com a utilização de novas tecnologias que proporcione um ganho econômico maior que o custo de sua implementação (BATALHA, BUAINAIN & SOUZA FILHO, 2005; DOWNEY, DOHERTY & PURVIS, 2008; ANTONIALLI & GALAN, 2011).

A utilização de uma nova tecnologia fará parte da função de produção da teoria da produção, onde esta função é um retrato entre a relação input-output, ou seja, uma relação entre fator e produto (NORONHA *et al.*, 1984; DOSI & GRAZZI, 2006; PINHO & VASCONCELLOS, 2006). De uma maneira geral, o objetivo do presente estudo é destacar a eficiência no emprego de recursos de produção, baseado nos princípios de maximização de rendimentos, minimização de custos e os aspectos envolvidos na busca do equilíbrio entre eficiência técnica e eficiência econômica (ARBAGE, 2006).

## 2.1.2 O curto e o longo prazo

O curto prazo é o período de tempo em que pelo menos um insumo é fixo, isto é, sua quantidade não sofre alteração e, para aumentar a produção, a empresa aumenta a quantidade utilizada dos insumos variáveis. Além disso, somente algumas alternativas de combinações de insumos existem para a empresa, pois alguns insumos não podem ter a sua quantidade modificada (são fixos). Por outro lado, no longo prazo, todas as possíveis combinações de insumos podem ser analisadas pela empresa (PINHO & VASCONCELLOS, 2006).

### 2.1.2.1 A produção no curto prazo

No curto prazo, a empresa se depara com, pelo menos, um insumo fixo, o qual pode estar relacionado às suas instalações, máquinas, equipamentos, sementes, fertilizantes entre outros. Portanto, para aumentar o montante de produto, a empresa deverá usar maior quantidade dos insumos variáveis (BESANKO *et al.*, 2007), que podem ser horas de trabalho.

Para ter conhecimento da combinação adequada para ser utilizada dos insumos fixos e variáveis, a empresa deve calcular a produtividade dos insumos, devido à influência sobre os seus custos de produção (PINDYCK & RUBINFELD, 2002). Sendo assim, serão vistos a seguir, os conceitos de produto total, produto marginal e produto médio, com base no exemplo apresentado na Tabela 1, onde tem-se uma propriedade agrícola de 100 hectares (ha) (insumo fixo) e busca-se verificar o que acontece com a quantidade produzida (produto total), bem como com os produtos médio e marginal do trabalho à medida que aumenta o número de trabalhadores (insumo variável).

A Tabela 1 demonstra que mesmo dispendo de 100 ha, se nenhum trabalhador for contratado, a produção é nula. Com o aumento do número de trabalhadores, a produção (produto total) atinge o máximo com seis trabalhadores, mas o acréscimo do sétimo empregado não resulta em aumento da produção, e se for contratado o oitavo trabalhador, o produto total diminui. Para entender porque isso acontece, o conceito de produto marginal é fundamental.

**Tabela 1: Relação do produto com a quantidade utilizada de trabalhadores**

<b>Número de trabalhadores</b>	<b>Produto Total</b>	<b>Produto médio do trabalho</b>	<b>Produto marginal do trabalho</b>
0	00	-	-
1	30	30,0	30
2	100	50,0	70
3	180	60,0	80
4	250	62,5	70
5	310	62,0	60
6	350	58,3	40
7	350	50,0	00
8	340	42,4	-10

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de Carvalho (1998)

O produto marginal do trabalho (PMgt) é o aumento do produto total decorrente da contratação do último trabalhador, isto é, a contribuição dele para o produto total. O produto marginal do trabalho (PMgt) pode ser calculado por meio da variação do produto total (PT) sobre a variação da quantidade de trabalhadores (T) (SCOTT, 1989; VASCONCELLOS & GARCIA, 2004). Observa-se que o produto marginal sobe com o acréscimo de trabalhadores até atingir três trabalhadores. A partir do quarto trabalhador, o PMg diminui, vindo a se tornar negativo ao se contratar o oitavo trabalhador. Portanto, mesmo que a empresa não gaste nada com os trabalhadores, não valeria a pena contratar o oitavo trabalhador, pois o seu emprego conduziria a uma queda no produto total.

Por sua vez, o produto médio do trabalho (PMet) é obtido com a divisão do produto total (PT) pela quantidade de trabalho (T) utilizada para produzir aquele nível de produção (VASCONCELLOS & GARCIA, 2004). O produto médio do trabalho (PMet), assim como aconteceu com o produto marginal, devido ao aumento do número de trabalhadores, inicialmente aumenta, atinge um máximo e depois declina.

O comportamento dos produtos total, marginal e médio do trabalho decorre da lei de rendimentos marginais decrescentes, segundo a qual, uma empresa possuindo uma dada quantidade de insumo fixo, ao adicionar quantidades crescentes de insumo variável, inicialmente as produtividades média e marginal do mesmo, primeiro sobem e depois declinam (VASCONCELLOS & GARCIA, 2004). Isso acontece porque, a princípio, a quantidade de insumo fixo é muito grande para a quantidade de insumo variável.

Com base no comportamento dos produtos total, marginal e médio, são identificados três estágios de produção. No Estágio I, o produto médio está aumentando. O estágio II se

inicia no ponto em que o produto médio atingiu o seu máximo e vai até o nível em que o produto marginal é zero. No Estágio III, o produto marginal é negativo (ARBAGE, 2006).

#### 2.1.2.2 A produção no longo prazo

No longo prazo, todos os insumos são variáveis, o que significa que a empresa pode ter ao seu dispor diferentes combinações de insumos (PINHO & VASCONCELLOS, 2006). Supondo-se que sejam utilizados terra e nível tecnológico para a produção da soja, onde na linha horizontal da Tabela 2 encontra-se o nível tecnológico e, na primeira coluna, a quantidade de terra em unidades.

**Tabela 2: Produção de soja (sacas/ha) com duas variáveis.**

Terra	Nível tecnológico				
	1	2	3	4	5
1	40	42	44	48	50
2	42	44	48	50	52
3	44	48	50	52	56
4	48	50	52	56	60
5	50	52	56	60	65

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de Carvalho (1998)

A mudança tecnológica está relacionada normalmente ao longo prazo (Arbage, 2006). Se a propriedade utilizar uma unidade de terra e um nível tecnológico, o produto máximo que pode ser obtido é 40 sacas/ha de soja. Se for mantida a quantidade de terra em uma unidade e for aumentado o nível tecnológico para duas unidades, o produto passará para 42 sacas/ha. A utilização de duas unidades de ambos os fatores de produção (terra e tecnologia) conduz a uma produção de 44 sacas/ha. Observa-se que um determinado volume de produção pode ser gerado a partir de diferentes combinações de terra e nível tecnológico. A produção de 52 sacas/ha de soja pode ser obtida com a combinação de quatro unidades de terra e de três unidades de níveis tecnológicos, ou a partir de três unidades de terra e quatro unidades de níveis tecnológicos.

A produção no longo prazo, quando a empresa pode definir a combinação dos insumos que vai usar, pode ser representada pelo mapa de isoquantas. Uma isoquanta indica todas as

combinações de insumos que geram o mesmo nível de produção (PINDYCK & RUBINFELD, 2002).

Um determinado nível de produção pode ser obtido a partir de várias combinações dos insumos, as quais podem apresentar custos totais distintos (PINHO & VASCONCELLOS, 2006). Desse modo, cabe à propriedade escolher a combinação associada ao menor custo ou a que permite a obtenção do maior volume de produção associada a um dado nível de gasto pré-determinado.

### **2.1.3 Eficiência técnica e eficiência econômica**

Na teoria da produção existem dois conceitos os quais fazem a diferença, são eles (CARVALHO, 1998):

- a. Eficiência técnica: envolve aspectos físicos da produção; e
- b. Eficiência econômica: envolve os aspectos monetários da produção, de forma a conduzir o processo produtivo a fim de obter o máximo lucro ou o menor custo.

A produção é eficiente tecnicamente quando não existe a possibilidade de substituir um processo produtivo por outro capaz de obter o mesmo nível de produção com uma quantidade inferior de insumos (CARVALHO, 1998). Supondo que, para produzir 3 toneladas de soja em 1 ha foram necessários 250 kg de fertilizantes, e se verificar que utilizando 200 kg de fertilizantes para a mesma área a produção não reduz, pode-se dizer que houve uma eficiência técnica.

Suponha-se que uma fazenda possua uma área de 100 ha, dos quais 80 ha são aptos para o cultivo de soja. A fazenda se caracteriza como uma firma. A área de terra destinada para o cultivo de soja, o trabalho, o capital, a tecnologia entre outros, são os fatores de produção. Esses serão combinados por meio de uma determinada técnica para gerar a produção de soja. Existem várias técnicas para o cultivo de soja, algumas eficientes para o incremento produtivo e outras para redução no custo de produção. Cada uma dessas técnicas será um processo de produção.

Os preços dos fatores de produção devem ser considerados para a análise da eficiência econômica. O processo que apresentar o menor custo de produção para produzir a mesma quantidade do produto final será caracterizado como o mais eficiente em termos econômicos. Nem sempre o processo que possua a melhor eficiência técnica será o mais eficiente

economicamente (CARVALHO, 1998). Caso o fator trabalho seja utilizado em uma maior escala, pode-se ser menos eficiente tecnicamente, mas mais eficiente economicamente, desde que o trabalho esteja desvalorizado ou se o capital valorizar mais que o fator trabalho. Sendo assim, o critério da eficiência econômica é o que vai pesar na decisão do produtor sobre a melhor função de produção da propriedade.

Desta forma, a presente seção está construída sob o enfoque da teoria neoclássica da produção, organizada por Marshall ainda no século XIX (MOCHÓN; TROSTER, 1999) e contemporaneamente acessível em textos como de Varian (2012) e de Pindyck e Rubinfeld (2002), entre outros da área de microeconomia. Na próxima seção, será abordado o panorama geral do agronegócio brasileiro, enfocando para a cultura da soja, sendo esta a cultura de estudo.

## 2.2 O AGRONEGÓCIO BRASILEIRO

O agronegócio ou *agribusiness* pode ser considerado um sistema integrado onde implica na ideia de cadeia produtiva, com seus elos entrelaçados e sua interdependência (ARBAGE, 2006; LOURENÇO E LIMA, 2009). Esse termo foi criado pelos pesquisadores e professores Ray Goldberg e John Davis da Universidade de Harvard. Na década de 1950, eles constataram que as atividades rurais e aquelas interligadas a ela, não poderiam viver isoladas. Por meio de fundamentos da teoria econômica sobre cadeias integradas, construíram uma nova metodologia de estudo para as cadeias agroalimentares o que veio a se chamar *agribusiness*, ou seja, agronegócio (ZYLBERSZTAJN, 1994; NEVES, 1996; PIZZOLATTI, 2004).

O agronegócio está passando por um processo de modernização e especialização que tem culminado em significativo aumento na competitividade. Este processo é induzido pelo crescente nível de exigência dos consumidores em relação à qualidade dos produtos, às políticas de conservação do meio ambiente e aos preços competitivos internacionalmente (AMADO *et al.*, 2006).

Este setor é uma das mais importantes fontes geradoras de riquezas no Brasil (JANK, NASSAR e TACHINARDI, 2005). De acordo com dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA / Universidade de São Paulo - USP (2013), o agronegócio

(indústria e comércio rurais, pecuária e agricultura) é responsável por aproximadamente 23% do PIB do Brasil (Figura 3).



Fonte: Adaptado de CEPEA - USP/CNA (2014)

Os crescentes índices de produção e produtividade que podem ser observados neste setor vêm sendo influenciados pelos avanços tecnológicos, de manejo e de eficiência dos produtores (MAPA, 2014). Nos EUA, a alta taxa de crescimento agrícola na segunda metade do Século XX foi obtida com um sistema baseado na ciência da inovação tecnológica na agricultura (ANTLE *et al.*, 1993).

A atual situação brasileira impõe aos produtores rurais excelência na gestão dos negócios antes, dentro e depois da “porteira”. Dentro da fazenda, o produtor rural começa a dar espaço ao empresário rural, que planeja, busca conhecimento, dá atenção aos riscos e busca conhecer o funcionamento dos mecanismos de comercialização, para que a empresa possa crescer com sustentabilidade (NEVES, ZYLBERSZTAJN e NEVES, 2005).

A importância do agronegócio brasileiro, que coloca o país entre as nações mais competitivas do mundo na produção de *commodities* agroindustriais, com potencial de expansão, é o resultado de uma combinação de fatores, entre eles investimento em tecnologia (JANK, NASSAR e TACHINARDI, 2005). Estas transformações que ocorreram no agronegócio brasileiro têm colocado o Brasil em posição de destaque no cenário mundial, tornando o segundo maior produtor e maior exportador mundial de soja, maior exportador mundial de café, cana de açúcar, citros (ênfase no suco de laranja), carne bovina, tabaco e de

<sup>4</sup> O PIB do Agronegócio compreende a soma de quatro segmentos: (a) insumos para a agropecuária, (b) produção agropecuária básica, (c) agroindústria (processamento) e (d) distribuição.

frango, maior produtor de café, terceiro maior produtor de milho, quarto maior produtor de madeira (lenha e carvão), sexto maior produtor de algodão, dentre outros.

Mesmo diante desta ascensão e consolidação do agronegócio brasileiro na economia interna e externa, autores como Neves, Zylbersztajn e Neves (2005) alertam para alguns desafios para continuar crescendo neste ritmo acelerado, tais como: a) estabilidade política, superar problemas macroeconômicos como altas taxas de juros, escassez de recursos financeiros, problemas tributários, além de logística, transportes, questões ambientais; b) consolidação e busca por novos mercados para as *commodities*, aumentando ainda mais a participação no mercado mundial, busca por investidores, capazes de injetar recursos e maximizar o potencial produtivo brasileiro; c) maior captura de valor (coordenação vertical), a partir de aplicações de ferramentas de marketing, novos mercados e compradores, inovações de produtos, serviços e marcas, nichos de mercado (*foodservice*) e comunicação; utilizar-se de canais de distribuição a nível mundial, exportar serviços, *royalties*, marcas; d) fortalecer o associativismo, onde as cooperativas têm papéis fundamentais, especialmente nas transações internacionais.

Dentre os desafios citados, a tecnologia é um fator relevante para o agronegócio. Nos últimos 20 anos, a área cultivada com grãos no Brasil aumentou em 32%, enquanto a produção aumentou 181%, quase seis vezes a mais (FGV, 2011). Esse cenário deve-se, em grande parte, às inovações tecnológicas desenvolvidas por instituições de pesquisa e universidades (FGV, 2011). Esta explosão tecnológica é vista em praticamente todos os setores, incluindo a biotecnologia, a nanotecnologia e a agricultura de precisão.

Em relação à AP, as culturas com maiores escalas de produção tendem a favorecer a adoção desta tecnologia, e, desta forma, o uso da técnica é mais frequente na cultura da soja. A seguir, aborda-se especificamente esta cultura, demonstrando a sua importância econômica.

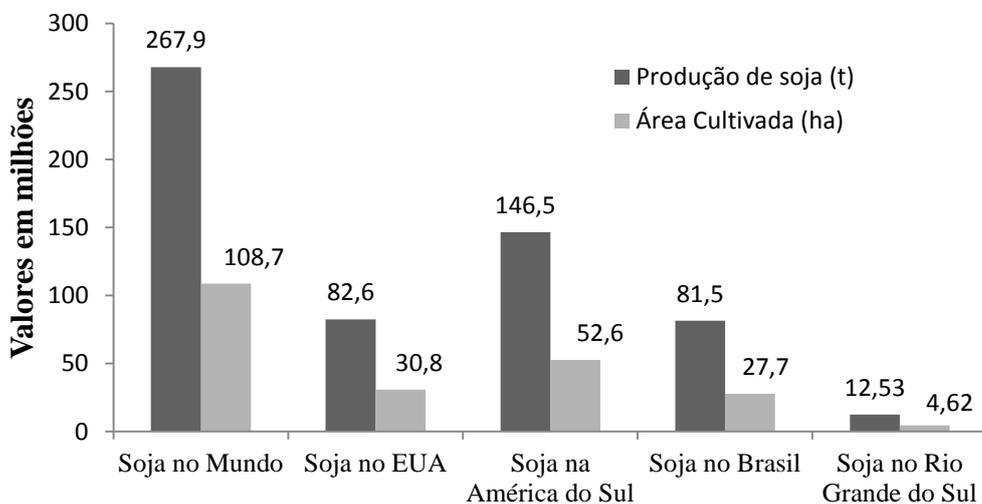
### **2.2.1 Cultura da Soja**

A soja é uma das culturas de maior importância econômica do agronegócio mundial e brasileiro. Com a segunda maior participação na produção e como maior exportador de soja do mundo, o Brasil, no ano de 2010, obteve divisas oriundas da exportação de todo o complexo da soja (grão, farelo, óleo) na ordem de US\$ 17,1 bilhões, sendo US\$ 11,0 bilhões de toneladas (t) (29,1 milhões de toneladas) da exportação de grão, US\$ 4,7 bilhões de t (13,7

milhões t) da exportação de farelo e US\$ 1,4 bilhões de t (1,6 milhões t) da exportação de óleo (MDIC, 2014).

Na Figura 4, estão à área cultivada e produção de soja, no Mundo, América do Sul, Estados Unidos da América – EUA (maior produtor mundial), Brasil (segundo maior produtor mundial) e Rio Grande do Sul, no ano de 2013. Verifica-se a grande contribuição dos EUA e do Brasil no total de soja produzido no mundo, constituindo-se, de fato, nos grandes produtores mundiais de soja.

**Figura 4 – Áreas cultivadas e a produção de soja no Mundo, EUA, América Latina, Brasil e Rio Grande do Sul no ano de 2013.**



Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2013)

No panorama brasileiro, o Rio Grande do Sul ocupa posição de destaque na produção de soja, ficando atrás apenas dos estados do Mato Grosso e Paraná, respectivamente. Projeções de Brasil (2007) apontaram que na safra de 2014/15 a área cultivada com soja no RS poderia atingir 4,4 milhões de ha e a produção na ordem de 11 milhões de t. Fato importante, que conforme dados da CONAB (2013), esta projeção de produção já foi atendida na safra 2010/11 com 11,6 milhões de t, indicando que o aporte tecnológico despendido à cultura nos últimos anos, aliado às condições climáticas favoráveis, impulsionaram a produção e produtividade acima das projeções estimadas.

Considerando a grande produção e o maior espaço desta *commodity* na produção agrícola brasileira, ela se torna importante na economia por sua participação no Produto Interno Bruto – PIB (Tabela 3). A participação do PIB do agronegócio no cenário nacional em

valores foi crescente até 2004, com queda em 2005, crescimento até 2008 e nova queda em 2009.

**Tabela 3 - Valores do PIB brasileiro nas divisões analisadas durante o período de 2001 a 2009.**

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Média
<b>Nacional*</b>	2,86	2,94	2,97	3,14	3,24	3,37	3,58	3,76	3,75	3,29
<b>Agronegócio**</b>	679	738	787	807	769	773	834	886	834	789,6
<b>Agricultura**</b>	468	518	558	574	541	555	593	622	589	557,5
<b>Complexo Soja**</b>	24,3	32,8	43,1	31,4	25,7	25,9	33,4	40,3	36,3	32,6
<b>Soja Grão**</b>	12,5	18,8	21,1	15	10,1	11,3	15,2	16,9	15,2	15,1

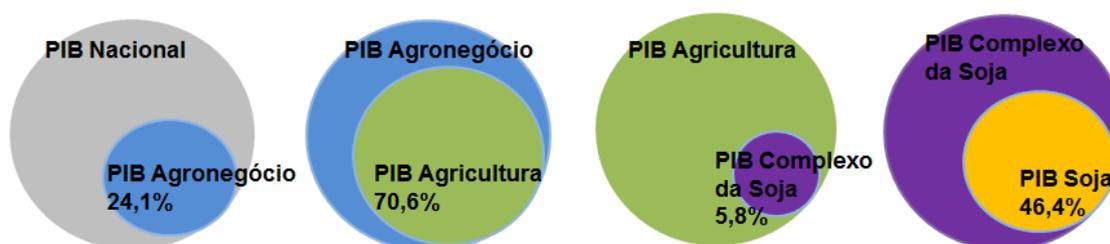
\*valor em trilhões de reais. \*\*valor em bilhões de reais.

Fonte: CEPEA - USP/CNA (2013)

O PIB da agricultura, por sua vez, apresenta comportamento semelhante ao do agronegócio. Ao avaliar a participação do complexo agroindustrial da soja no PIB nacional, percebe-se que existe uma maior variação ao longo dos anos, com maiores valores em 2003 e 2008, e média de participação de 1% no PIB nacional e aproximadamente 6% no PIB da agricultura, com média de 32,6 bilhões de reais ao ano, no período de 2013 (Figura 5).

O complexo agroindustrial engloba insumos, atividades agrícolas, indústria e distribuição. A soja é uma das principais culturas influenciadoras da economia do país, é possível perceber que mesmo que o seu PIB apresente uma baixa participação em comparação ao PIB nacional, ela influencia diretamente o PIB do complexo agroindustrial. Além disso, apresenta-se como o principal cultivo anual, participando de aproximadamente 35% da área cultivada no Brasil e cerca de 10% das exportações, o que demonstra que setores relacionados crescem e apresentam um cenário de maior industrialização nacional com agregação de valor ao grão.

**Figura 5 - Porcentagem da participação das divisões do PIB em relação ao nacional.**



Nota: Soja Grão

Fonte: Adaptado CEPEA - USP/CNA (2013)

Vale destacar que foi a partir da década de 1970 que a soja se consolidou como a principal cultura do agronegócio. Esse crescimento não se deve apenas ao aumento da área cultivada, mas pelo expressivo incremento da produtividade, o qual está relacionado às novas tecnologias. Desta forma, a próxima seção irá abordar uma tecnologia empregada na cultura soja, que é a Agricultura de Precisão.

## 2.3 AGRICULTURA DE PRECISÃO

### 2.3.1 Conceitos e atual conjuntura da AP

A AP, também denominada de *Precision Farming*, *Precision Agriculture* e *Site Specific Crop Management*, ao longo dos anos, vêm passando por uma “evolução” conceitual e de princípios, conforme revisão apresentada por Coelho (2005). Trata-se de um sistema de manejo integrado de informações e tecnologias, fundamentado nos conceitos de que as variabilidades de espaço e tempo influenciam nos rendimentos dos cultivos. Diferentemente da agricultura convencional/tradicional, a agricultura de precisão trabalha com a variabilidade espacial da área, reconhecendo ela como uma área heterogênea com características diferenciadas.

A partir destes princípios, surgiram novos conceitos que visaram a aprimorar e a complementar a denominação de AP. Nos EUA, Pierce e Nowak (1999) inferem que a AP trata-se da aplicação de princípios e tecnologias para manejar a variabilidade espacial e temporal associada com todos os aspectos da produção agrícola, com o objetivo de aumentar a produtividade na agricultura e a qualidade ambiental. Portugal, Silva e Silva (2004) descrevem que a AP consiste no uso de informações referenciadas com o objetivo de efetuar uma gestão diferenciada dos fatores de produção, por meio da integração de várias tecnologias, obtendo com tal abordagem maior eficiência econômica do sistema e menor impacto ambiental.

No Brasil, Molin (2002) conceitua AP como um sistema de gestão ou de gerenciamento da produção agrícola que emprega um conjunto de tecnologias e

procedimentos para que as lavouras e sistemas de produção sejam otimizados. Tem como elemento-chave o manejo da variabilidade da produção e dos fatores envolvidos.

De acordo com Coelho (2005), a AP engloba aspectos da variabilidade do solo, do clima, da diversidade de espécies, do desempenho de máquinas agrícolas e de insumos (físicos, químicos e biológicos) naturais ou sintéticos usados na produção das culturas. Utiliza-se da integração da computação, eletrônica, organização de banco de dados e considera a habilidade em monitorar e gerenciar a atividade agrícola em locais específicos (ZHANG e KOVACS, 2012).

Ainda, em meados de 2002, a perspectiva era que a AP se tornar-se cada vez mais comum nas propriedades rurais brasileiras (TSCHIEDEL e FERREIRA, 2002). Neste sentido, Dellamea (2008) destaca que propriedades com maiores áreas de cultivo são as que estão mais aptas a receber as avançadas tecnologias de AP, devido ao elevado custo de recursos necessários para tal. Entretanto, a AP pode ser adotada em qualquer tamanho de área, podendo manifestar a variabilidade dos atributos do solo de maneira mais acentuada em lavouras de pequeno porte, em função do tipo de manejo adotado (ZARDO, 2009).

### **2.3.2 Ferramentas de agricultura de precisão**

Atualmente no mundo existem inúmeras ferramentas disponíveis e possibilidades de uso dentro da AP, das quais Pires *et al.*, (2004) listam as seguintes: Sistema de Posicionamento Global (SPG ou GPS), sistema de informações geográficas, tecnologia de aplicação em taxa variável, monitoramento das áreas (“*Crop Scouting*”), sensoriamento remoto de vegetal, monitores de colheita, amostradores de solo, barra de luz, sensores de matéria orgânica, sensores de plantas daninhas, sensores de umidade de solo, de potencial de Hidrogênio (pH), de nitrato no solo, sensores de compactação (penetrômetros), sensores de condutividade elétrica do solo, sensores de umidade e de proteína de grãos, clorofilômetros, sensores de dinâmica da fertilidade, pulverizadores de precisão, fotografias aéreas, dentre outros. As principais ferramentas de AP que estão disponíveis no mercado e que têm maior probabilidade de serem adotadas pelos produtores rurais estão, segundo Anselmi (2012), descritas no Quadro 2.

Diante deste “universo” tecnológico passível de utilização na AP, o Brasil em nível comercial ainda restringe-se a um limitado número de ferramentas que possuem eficiência e

operacionalidade comprovadas. Dentre estas, destaca-se o uso de aparelho de GPS na coleta georreferenciada de solo, tecnologia de aplicação em taxa variável de insumos, balizadores de aplicação aérea e tratorizada (barra de luz) e piloto automático.

**Quadro 2 - Principais ferramentas que estão disponíveis no mercado e têm maior probabilidade de serem adotadas pelos produtores rurais.**

Ferramentas de AP	Descrição
Amostragem de solo georreferenciada	Técnica de coleta de solo que preconiza a localização geográfica da amostra para posterior tratamento localizado.
Aplicação de corretivos e fertilizantes em taxa variável	Técnica de aplicação que varia a dose do insumo aplicado de acordo com a necessidade específica de cada ponto dentro do talhão.
Barra de Luz	Ferramenta que utiliza o sistema de orientação por satélite para orientar o operador da máquina agrícola no direcionamento das passadas.
Piloto automático	Ferramenta que utiliza o sistema de orientação por satélite para guiar a máquina agrícola automaticamente.
Mapa de colheita	Conjunto de pontos contendo a informação de rendimento obtido em cada ponto da lavoura, os quais são identificados geograficamente.
Sensoriamento remoto	Obtenção de informação sem o contato físico com o objeto alvo (imagens de satélite, fotos aéreas, sensores ópticos proximais).
Semeadura em taxa variável	Operação que varia o número de sementes de acordo com atributos previamente determinados e localizados geograficamente.

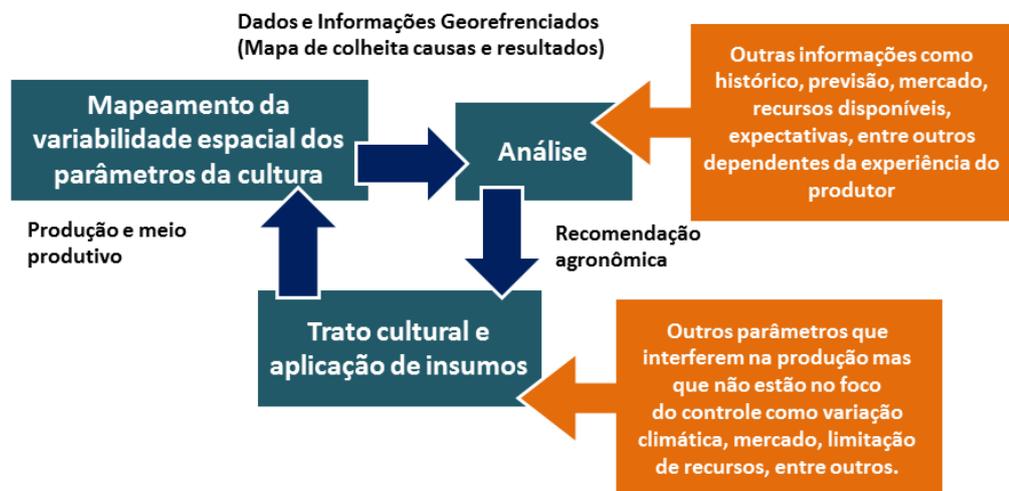
Fonte: Anselmi (2012)

Na Figura 6, é possível verificar o ciclo, dito como “completo”, de adoção de ferramentas de AP. Cabe ressaltar, que a maioria das propriedades, ainda não contemplam todas estas etapas apresentadas, faltando, na maioria das vezes, o monitoramento georreferenciado da colheita (mapas de rendimento/produktividade ou de desempenho técnico). Molin, ainda em 2004, chama a atenção para este fato, afirmando que a AP no Brasil, tem se “dedicado” muito ao manejo da variabilidade dos atributos de solo, deixando de lado o monitoramento das respostas das plantas, a partir dos mapas de produtividade.

Diante deste cenário, verifica-se ainda uma carência ou ineficiência do uso das potencialidades da AP, uma vez que a falta de mapas de desempenho técnico não permite a geração de mapas de desempenho econômico georreferenciados da área e, conseqüentemente,

maiores subsídios para a tomada de decisão. Segundo Werner (2007), uma das etapas na determinação da viabilidade econômica de uma atividade agrícola é a confecção dos custos de produção. Esta etapa em uma atividade de produção qualquer é o detalhamento de todas as despesas diretas e indiretas que devem ser controladas para se saber, com exatidão, o quanto se está investindo e gastando para produzir (ANTUNES e ENGEL, 1999).

**Figura 6 - Ciclo da agricultura de precisão.**



Fonte: Inamasu *et al.* (2012)

### 2.3.3 Avaliação da agricultura de precisão – aspectos econômicos e ambientais

Neste tópico serão apresentadas as capacidades técnicas e as facilidades agrônômicas da AP. Assim, é necessário realizar uma avaliação, onde dois parâmetros importantes são considerados: o ambiental e o econômico. A avaliação ambiental focaliza o resultado da AP em relação à qualidade do solo, da água e da sustentabilidade dos sistemas agrícolas de produção. A avaliação econômica focaliza o benefício agrônômico expresso em valor da produção em relação aos custos técnicos.

### 2.3.3.1 Aspecto ambiental

A preocupação com os impactos da produção agrícola nas terras aráveis, nos recursos hídricos e no meio ambiente foi motivo para o poder público ampliar a sua base de avaliação no progresso da agricultura (ANTLE *et al.*, 1993). A inovação tecnológica, a produtividade agrícola e a qualidade ambiental estão intimamente ligadas no processo de crescimento agrícola (ANTLE *et al.*, 1993). Enquanto, que há uma necessidade de compreender o processo de mudança tecnológica que é a força motriz por trás do crescimento agrícola, há também uma necessidade de compreender os impactos mais amplos deste crescimento.

A AP objetiva aumentar a produtividade, diminuir custos de produção e minimizar o impacto ambiental da agricultura. A gestão da variabilidade de fertilidade do solo e as condições de colheita para melhorar a produção agrícola e minimizar o impacto ambiental são pontos cruciais da AP. As novas tecnologias, tais como sistemas de posicionamento global (GPS), sensores, satélites ou imagens aéreas, e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são utilizados para avaliar e analisar as variações na produção agrícola.

A AP tem a capacidade de aumentar a produção e proteger o meio ambiente, preservando os recursos de solo e água, em função do uso racional de insumos agrícolas. A partir dessa premissa, Berry *et al.*, (2003) desenvolveram a ideia de "conservação de precisão", que foi definida como a utilização de tecnologias e procedimentos de precisão, através da variabilidade espacial e temporal, para alcançar os objetivos de conservação.

A lógica de adaptar a gestão em tempo e espaço para que insumos de produção sejam fornecidos conforme necessidade é uma realidade. No entanto, a justificativa principal do produtor para o emprego da AP seria melhorar o desempenho das culturas (KITCHEN *et al.*, 2002), enquanto um dos seus objetivos é a melhoria do ambiente (VANDENHEUVEL, 1996). Estes não devem ser vistos como objetivos mutuamente exclusivos (BERRY *et al.*, 2003). A agricultura de precisão tem sido apontada como "a agricultura do futuro", pela qual a rentabilidade da produção será aumentada, o uso de defensivos agrícolas reduzido e uma melhor eficiência dos nutrientes alcançada (LARSON *et al.*, 1997).

Conservação deve ser compatível com a rentabilidade. Caso contrário, ela não será aprovada e nem sustentável em uma economia de mercado livre. Para atingir os sistemas de produção de alimentos sustentáveis, tem sido proposto que as tecnologias e práticas de agricultura de precisão precisam ser integradas ao planejamento de conservação, a fim de lidar com a complexidade da heterogeneidade espacial de terras (BERRY *et al.*, 2003).

O potencial para aumentar a qualidade ambiental é citado frequentemente como uma razão para o uso da AP ( NATIONAL RESEARCH COUNCIL., 1997). Alguns autores como Larson *et al.*, (1997) e Engel e Gaultney (1990) citam a redução no uso de agroquímicos, maior eficiência dos nutrientes, aumento na eficiência dos insumos aplicados e melhor proteção dos solos contra a degradação (erosão), como benefícios potenciais para reduzir o impacto ambiental com a utilização da AP. A Tabela 4 demonstra um resumo dos estudos relatados na literatura referente aos benefícios do uso da AP em relação às questões ambientais.

**Tabela 4- Benefícios do uso de tecnologias, isoladas ou combinadas de AP, relatados na literatura.**

Tecnologias	Publicações	Benefícios (%)		
		Positivo	Neuro	Negativo
Taxa variável de aplicação de N	27	63	22	15
Taxa variável de aplicação de P e K	7	71	0	29
Taxa variável de aplicação de herbicidas e inseticidas	7	86	0	14
Taxa variável de aplicação de calcário com base no pH do solo	4	75	25	0
Taxa variável com sistema de GPS	3	100	0	0
Taxa variável de irrigação	2	50	50	0
Variação de densidade semeadura	6	83	0	17
Taxa variável com sistema de monitor de colheita	7	43	43	14
Taxa variável de aplicação de N, P, K	24	75	17	8
Aplicação a taxa variável de insumos com base em sensores de solo	5	20	40	40
Outras tecnologias de AP	14	77	23	0
<b>Total - AP combinada com aplicação a taxas variáveis de insumos</b>	<b>106</b>	<b>63</b>	<b>27</b>	<b>11</b>

Fonte: Coelho (2005)

A avaliação do impacto da AP na questão ambiental é difícil e de alto custo para ser quantificado, como destacado por Coelho (2005). Entretanto, algumas áreas podem ser avaliadas verificando o uso de fertilizantes, no qual a sua redução, ocasionada pela AP, tenderá a reduzir o impacto ambiental (PIERCE e NOWAK, 1999).

### 2.3.3.2 Aspecto econômico

A tecnologia de AP possibilita a geração de dados que serão analisados e transformados em informações práticas que auxiliarão nas decisões de manejos dos solos e das culturas. Assim sendo, os ganhos provenientes da AP são resultados das decisões de manejo do uso desta tecnologia.

Em relação à rentabilidade, a AP permite o acompanhamento preciso e o ajuste da produção agrícola. Tecnologias de AP fornecem aos agricultores a oportunidade de mudar a distribuição de fertilizantes, com base na variabilidade espacial e temporal em um campo. Os agricultores podem fazer análises econômicas com base na variabilidade das culturas para obter uma avaliação precisa do risco. Ao saber o custo dos insumos, os agricultores podem calcular o retorno de caixa sobre os custos para cada hectare. Certas áreas, que sempre produzem abaixo da linha de equilíbrio, podem ser isoladas para o desenvolvimento de um plano de gestão específico do local (ZHANG, WANG e WANG, 2002).

No entanto, os benefícios econômicos resultantes da AP têm se mostrado difíceis de mensurar (LOWENBERG-DEBOER, 1996). Uma abordagem de toda a fazenda, que leva em consideração todas as atividades de cultivo e as limitações de recursos, a utilização das tecnologias de AP pode vir a ser benéfica para melhorar o potencial de lucro e para reduzir os riscos (ORIADE *et al.*, 2000).

Em revisão de literatura nacional e internacional acerca da temática de AP, é possível encontrar uma série de trabalhos que apontam os resultados econômicos da adoção da AP, especialmente no que tange a redução na utilização de insumos. O primeiro trabalho reportado na literatura no qual surgiram os fundamentos da AP moderna ocorreu em 1929 nos EUA e foi descrito pelos pesquisadores Linsley e Bauer da Estação Experimental Agrícola da Universidade de Illinois (GOERING, 1993). Na ocasião, os autores constataram a existência de grandes variações quanto à necessidade de calcário em determinada área e que a aplicação deste insumo deveria respeitar essa variabilidade. Há relatos que agricultores da época que realizaram aplicações diferenciadas de insumos baseadas na variabilidade do solo promoveram reduções de até 40% dos custos de produção (COELHO, 2005).

Depois de um longo período de estagnação da AP, ocorrido em virtude da dificuldade de implementação de seus princípios em grandes áreas comerciais e pelos altos custos envolvidos na obtenção das tecnologias da AP, surgiram, na década de 1990, diversos trabalhos nos EUA e Europa envolvendo questões econômicas ligadas à utilização da AP.

Hammond (1994) observou que em várias áreas testadas não houve economia de fertilizante, ocorrendo apenas diminuição significativa no erro de dosagem, ou seja, extensas áreas receberiam menos do que o recomendado e outras mais, se em aplicação convencional (uniforme).

Já, para Whitney *et al.* (1995), que fizeram simulações e uma análise econômica da aplicação localizada de nitrogênio em cobertura em trigo, guiada por sensor em tempo real e a compararam com a aplicação de taxa uniforme. Considerando o custo do fertilizante e a perda de produtividade causada pela deficiência de nitrogênio, sugeriram que a aplicação uniforme resultaria em um custo direto e indireto de US\$ 26,85 ha<sup>-1</sup> maior que a aplicação localizada, representando 75% do custo da adubação nitrogenada em questão.

Além disso, Lowenberg-Deboer e Swinton (1995), analisando uma coletânea de trabalhos envolvendo respostas econômicas da utilização da AP, verificaram que a maioria dos trabalhos apresentava uma incipiente quantidade de informação e inadequada metodologia adotada, acarretando, de maneira geral, em resultados econômicos que não apontaram lucratividade na adoção da AP. Neste sentido, Lowenberg-Deboer (1996) destaca que a AP nem sempre se mostra rentável em curto prazo, especialmente quando utilizada em culturas de grão (soja, milho, trigo). Por outro lado, tende a ser mais rentável quando trabalhada em culturas com maior valor agregado nos produtos, como hortaliças e em áreas de produção de sementes.

No início dos anos 2000, Lambert e Lowenberg-De Boer realizaram nova e extensiva revisão de literatura norte-americana e europeia, com 106 trabalhos publicados em periódicos científicos (86%) e revistas especializadas (14%), para avaliar as respostas econômicas da AP. Neste trabalho, os autores verificam que, em 63% dos casos, a aplicação de técnicas e tecnologias da AP apresentaram retornos econômicos positivos, 11% dos retornos foram negativos e em 26% dos casos não houve ganhos ou perdas.

No Brasil, os primeiros trabalhos envolvendo os aspectos econômicos na AP seguiram a experiência americana, detendo-se basicamente em análises comparativas do uso de fertilizantes, utilizando aplicações em taxa variável (ATV) e taxa fixa (agricultura convencional – AC).

Alguns pesquisadores, como Maraschin, Scaramuzza e Couto (2002) realizaram no Centro-Oeste brasileiro aplicações de calcário em faixas, determinadas a partir de mapas de necessidade deste insumo, e fosfato em taxas variáveis. A análise de custo do manejo localizado da calagem, utilizando um equipamento tradicional, apresentou custo superior à faixa média e à aplicação pelo método tradicional em R\$ 1,80 ha<sup>-1</sup> e R\$ 4,27 ha<sup>-1</sup>,

respectivamente. No custo comparativo da fosfatagem, utilizando a recomendação média, os autores obtiveram um custo da aplicação de fósforo em AP de R\$ 233,72 ha<sup>-1</sup>, superior em R\$ 23,43 ha<sup>-1</sup> quando comparado à AC. Em ambos os casos, os autores justificam a utilização da aplicação em taxa variável, apesar de apresentar uma quantidade ligeiramente superior ao método tradicional, na expectativa de aumento na produção da safra seguinte.

Além disso, Focht, Roloff e Schiebelbein (2004), em estudos de correção da acidez do solo em três áreas localizadas no Mato Grosso (304,94 ha), na Bahia (163,02 ha) e no Paraná (33,33 ha), verificaram que se aplicando as taxas necessárias, utilizou-se 18,30 t, 18,76t. e 38,65t de calcário, respectivamente, na tecnologia de AP. Caso fosse aplicada pela taxa média, as quantidades a serem recomendadas totalizariam 18,29 t, 0,00 t e 28,66 t, respectivamente. Nos três casos, torna-se evidente que a AP utilizou maiores quantidades de calcário e conseqüentemente aumentou o custo de produção das áreas. Por outro lado, os autores observaram que nenhuma das taxas que seriam recomendadas para aplicação no sistema tradicional supriria as necessidades encontradas nos talhões.

Em outro estudo, Silva (2005), avaliando a viabilidade econômica do uso da AP na cultura de milho e soja no Mato Grosso do Sul, verificou que a produção de milho e soja são atividades rentáveis para os dois sistemas produtivos analisados. No entanto, na AP a lucratividade foi maior, fato que pode ser atribuído à maior produtividade obtida pela tecnologia de precisão. De toda forma, deve-se ressaltar que os custos operacionais totais são inferiores no sistema AC. Pela análise econômica, Silva (2005) ratificou a importância dos investimentos em pesquisa para incentivar a tecnologia de precisão, ferramenta que permite o aumento da produtividade e a otimização do uso dos insumos. A autora complementa afirmando que a AP pode ser considerada ferramenta estratégica para atuar na redução dos custos, pois possibilita o aumento da produtividade e, conseqüentemente, evita redução na rentabilidade.

Analisando economicamente duas propriedades no estado do RS, com e sem utilização da ATV, Amado *et al.* (2006) destacaram que na primeira propriedade, a aplicação de fertilizantes à ATV permitiu que houvesse uma racionalização no uso dos fertilizantes com redução na ordem de 53% na quantidade aplicada, em relação aquela em que o produtor tradicionalmente aplicava à taxa fixa, sendo que este resultado foi obtido a partir do terceiro ano de adoção da tecnologia. O resultado final para esta propriedade, incluindo custos operacionais e de fertilizantes, representou economia de R\$ 5.537,00 quando da aplicação a ATV. Na segunda propriedade, a diferença entre o custo do fertilizante a ATV comparado ao custo da taxa fixa ficou na ordem de 25% menor, representando uma economia de R\$

2.400,00. Por outro lado, o custo operacional a taxa variável foi R\$ 2.835,00 a mais em relação à taxa fixa. O resultado final foi ligeiramente superior (R\$ 435,00) na aplicação a taxa variável em relação à aplicação a taxa fixa. Desta forma, os autores verificaram que em ambas as propriedades a aplicação taxa variável, tecnologia da AP, proporcionou considerável redução na quantidade de insumos e conseqüentemente nos custos de produção.

Para Werner (2007), que analisou os resultados obtidos comparando AC com o manejo em AP, nas safras de soja de 2002/03 até a safra 2005/06, concluiu que a AP possibilitou reduzir os custos de produção da soja (0,3%), aumentou a margem líquida (18,4%), a lucratividade (3,8%) e a rentabilidade da cultura (0,6%) em relação a AC. O autor verifica ainda que os resultados calculados demonstram que o tempo de retorno do investimento na tecnologia de AP, na propriedade em estudo, foi de 2,9 safras de soja, demonstrando a viabilidade do sistema.

Além disso, Fiorin *et al.* (2011) em trabalho conduzido em sete situações de propriedade rural no estado do RS, verificaram que em média a adoção da AP apresentou um saldo operacional (produtivo) positivo e superior a forma convencional, que variou de 6,8% a 13,4% e média de 10,5%. A partir deste cenário, onde se verifica ainda existir uma carência de informações acerca de aspectos econômicos em áreas que utilizam AP, ressalta-se a importância de trabalhos desta natureza, especialmente voltados à realidade agrícola do RS.

Sendo assim, o uso da teoria da firma está justificada na necessidade de se verificar se uma mudança tecnológica, como a agricultura de precisão a taxa variável, é capaz de tornar a produção de soja mais econômica e na possibilidade de analisar a capacidade de se fazer o uso mais eficiente dos recursos escassos, evidentemente terra e insumos, diante da necessidade crescente de alimentos.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A teoria da produção, uma das subdivisões da teoria da firma, é utilizada como base para analisar o uso da ATV e seu impacto na cultura da soja no estado do Rio Grande do Sul. Por meio das bases conceituais e do referencial teórico, seguem os procedimentos metodológicos utilizados para a realização da pesquisa, nos quais serão detalhadas as etapas da amostragem, coleta e análise de dados, com a finalidade de atender os objetivos.

#### **3.1 TIPO DA PESQUISA**

A presente pesquisa é caracterizada como um estudo exploratório, pois teve a finalidade de ampliar o conhecimento a respeito de um determinado fenômeno (GIL, 2002) e descritivo, pois procurou conhecer a realidade estudada, suas características e suas limitações, descrevendo com exatidão os fatos e fenômenos encontrados (TRIVIÑOS, 1987).

A análise de pesquisa foi qualitativa e quantitativa. A análise qualitativa preocupou-se com os aspectos da realidade que não podem ser quantificados, caracterizando-se, em princípio, pela não utilização de instrumental estatístico na análise dos dados. Já a pesquisa quantitativa pode ser quantificada, caracterizando pela objetividade e pelo emprego de instrumentos estatísticos (FONSECA, 2002).

O método de amostragem utilizado foi o não probabilístico. Este método tem como a sua principal característica o de não fazer uso de formas aleatórias de seleção, sendo que os indivíduos são selecionados por meio de critérios subjetivos do pesquisador (GIL, 2002).

#### **3.2 DEFINIÇÃO DA AMOSTRA**

A pesquisa foi realizada com produtores rurais e atores-chave da Agricultura de Precisão-AP. Os produtores rurais participantes da pesquisa utilizam obrigatoriamente à agricultura de precisão a taxa variável de fertilizantes na cultura da soja, que será denominada

como ATV. Mesmo que a ATV compreenda a aplicação de corretivos, além de fertilizantes, para fins de pesquisa, englobará apenas o uso de fertilizantes.

Para fins de amostragem, a ATV foi compreendida como a técnica de aplicação que varia a dose de fertilizantes de acordo com a necessidade específica de cada ponto dentro de um talhão. A delimitação geográfica para obtenção da amostra foi o território do estado do RS, devido à difusão da AP e à importância do estado na produção nacional de soja.

O critério considerado para o produtor participar da pesquisa era ser um usuário da ATV. Em relação aos atores-chave da AP, foram definidos como tais, os representantes da Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão – CBAP (Quadro 3).

**Quadro 3 - Integrantes da Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão –CBAP.**

	<b>Instituição</b>	<b>Sigla</b>	<b>Participaram da pesquisa</b>
1	Associação Brasileira de Engenharia Agrícola*	SBEA	Sim
2	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento	MAPA	Não
3	Ministério do Desenvolvimento Agrário	MDA	Sim
4	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação	MCTI	Sim
5	Associação Brasileira dos Engenheiros Agrícolas	ABEAG	Sim
6	Associação Nacional dos Fabricantes de veículos Automotores	ANFAVEA	Não
7	Associação Brasileira das Entidades Estaduais de Assistência Técnica e Extensão Rural	ASBRAER	Não
8	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil	CNA	Não
9	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	EMBRAPA	Não
10	Organização das Cooperativas Brasileiras	OCB	Não
11	Fórum de Pró-Reitores de Pós-Graduação e Pesquisa	PRPGP	Não
12	Serviço Nacional de Aprendizagem Rural	SENAR	Sim
13	Associação Brasileira de Máquinas e Equipamentos	ABIMAQ	Sim
14	Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil	STAB	Sim
	<b>Convidados especiais</b>	<b>Sigla</b>	<b>Participaram da pesquisa</b>
1	Prestadoras de Serviços em AP	PSAP	Sim
2	Fabricantes e Fornecedores de Equipamentos Específicos em AP	FFEEAP	Sim

\*Representante da SBEA e presidente da CBAP.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A pesquisa foi realizada no período de junho a setembro de 2014. Neste período, foram realizados os contatos prévios e encaminhado 388 *e-mails* para produtores rurais, além da ida a algumas propriedades. A taxa de retorno obtida, medida por meio do número de

retorno dos questionários respondidos, foi de 20,9%, ou seja, 81 questionários foram considerados válidos. Desta forma, o número da amostra da pesquisa, referente aos produtores rurais, compreende por 81 produtores rurais do estado do RS.

O número da amostra de 81 produtores rurais, corresponde a um nível de confiança de 95%, com um erro máximo desejado de 3, desvio padrão da população de 13,70. Além disso, outro questionário foi enviado para os atores-chave, o que compreenderia a dezesseis instituições, tendo uma taxa de retorno de 60%, o que corresponde a nove instituições.

### 3.3 TÉCNICA E COLETA DE DADOS

A pesquisa envolveu dados primários, através da aplicação de questionários (Apêndices A e B), e dados secundários, obtidos em bibliografias e documentos relacionados ao tema.

Os questionários (aplicados aos produtores e aos atores-chave) foram elaborados com perguntas abertas e fechadas. O questionário elaborado para os produtores rurais continham perguntas relacionadas às características das propriedades, as percepções dos produtores referentes ao uso da ATV e informações referentes aos resultados técnico e econômico da ATV na cultura da soja. O pré-teste do questionário foi aplicado pessoalmente para cinco produtores rurais no mês de junho de 2014, os quais não fazem parte na amostra analisada.

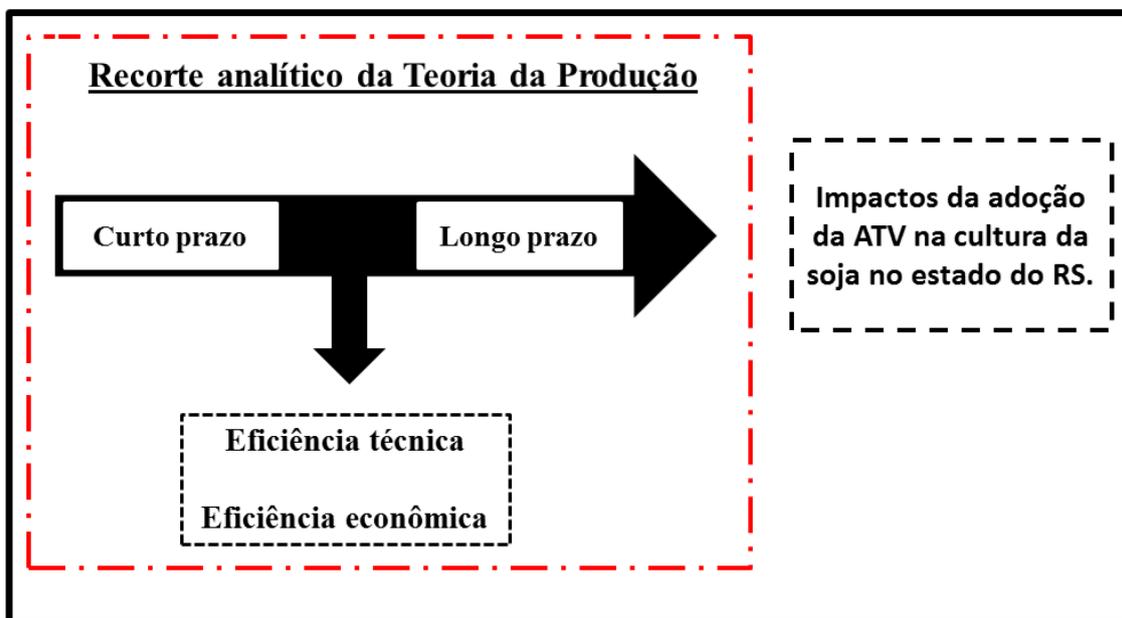
O questionário aplicado para os atores-chave continham perguntas relacionadas à situação da AP no Brasil, as perspectivas do uso da AP para os próximos anos, os limitantes para o crescimento da AP no Brasil e os benefícios da AP. Para o questionário aplicado aos atores-chave não houve um pré-teste.

A aplicação dos questionários foi realizada pessoalmente e por meio de um *link*, utilizando o *google Docs*. Por meio do questionário eletrônico, foi possível atingir um maior número de respondentes possível, sendo estes dispersos no território do RS. Com a finalidade de analisar a credibilidade das respostas e de determinar se o produtor era usuário da ATV, foram verificadas três questões. A resposta da questão nove foi analisada com a resposta da questão quinze, a fim de verificar a credibilidade das respostas, e a questão cinco foi analisada para identificar se o produtor era um usuário da ATV (Apêndice A)

### 3.4 MODELO ANALÍTICO DA PESQUISA

A Figura 7 retrata o recorte analítico da Teoria da Produção utilizado na pesquisa, tendo o enfoque no curto e longo prazo e na eficiência técnica e econômica.

**Figura 7 - Recorte analítico da Teoria da Produção determinante para avaliar o impacto da ATV da produção de Soja no RS.**

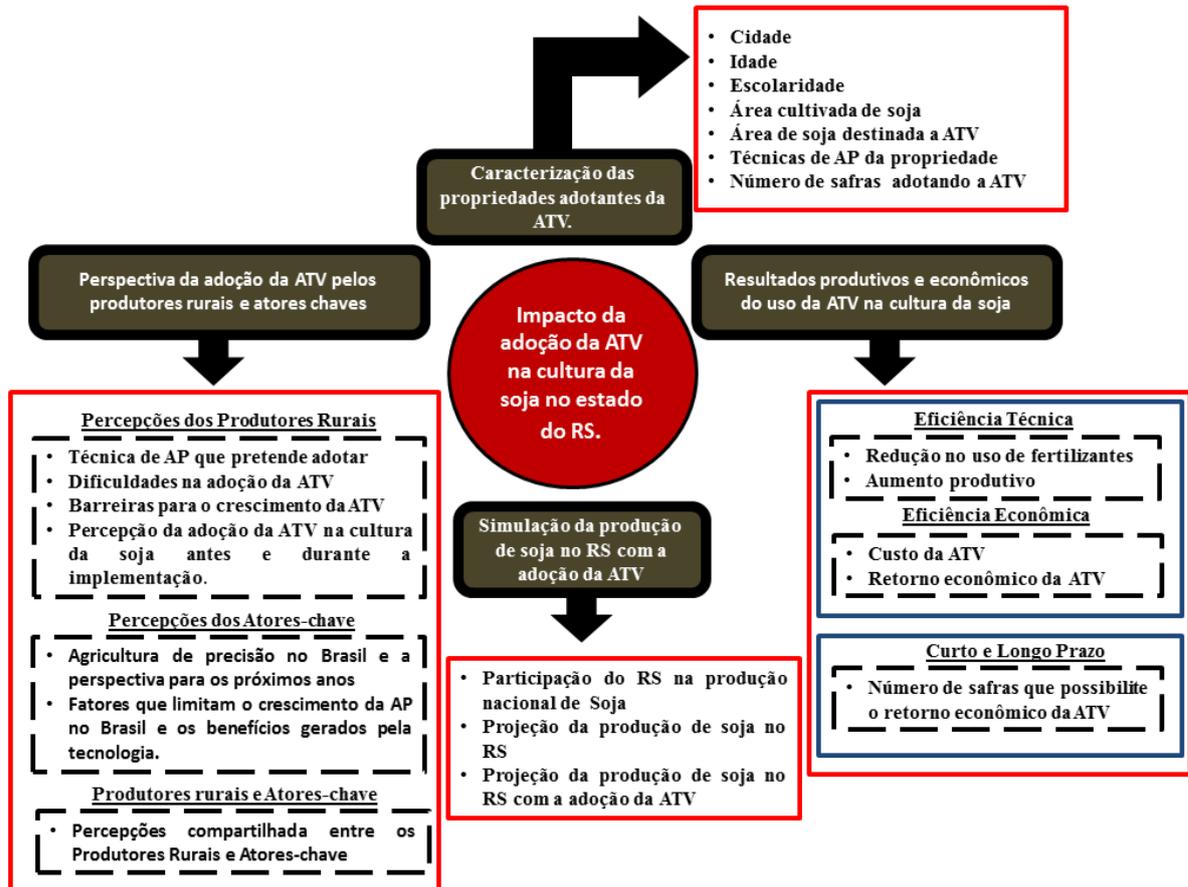


Fonte: Elaborado pelo autor

Além dos elementos da teoria da produção, a ATV foi analisada quanto ao perfil dos adotantes e das propriedades. Para formação do constructo, buscou-se apoio na literatura específica sobre AP e ATV. Com o propósito de analisar o impacto da ATV na cultura da soja, optou-se por incorporar variáveis da Teoria da Produção, como o curto e longo prazo e a eficiência técnica e econômica. Foi considerado o fator de produção tecnologia como variável e as demais como fixas. Em relação ao curto e longo prazo, em economia o longo prazo é o período de tempo conceptual para o qual tem-se fatores de produção fixos e de maior dificuldade de implementação. Em contraste com o longo prazo, no curto prazo tem-se alguns fatores variáveis e outros fixos, relativamente ao nível de produção escolhido.

O modelo de pesquisa elaborado para análise do impacto da ATV na cultura da soja está representado na Figura 8.

**Figura 8 - Modelo analítico de pesquisa contendo os principais constructos analisados.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Neste modelo, observa-se que o impacto da ATV na cultura da soja, referente aos aspectos econômico e técnico, aliado ao curto e longo prazo, é incluso nos resultados produtivos e econômicos. Além disso, a análise das percepções dos produtores rurais e atores-chave, referente à AP e ATV, fornecem informações sobre os benefícios, as limitações, a situação e as perspectivas da tecnologia no RS e Brasil. Outras variáveis relacionadas às características das propriedades adotante da ATV, além de dados para construção da simulação da produção de soja com a adoção da ATV, tiveram o propósito de complementar a pesquisa e melhor visualizar o potencial da ATV na produção de soja no RS.

### 3.5 DESCRIÇÕES DAS VARIÁVEIS

As variáveis foram divididas conforme os fatores a serem explicadas, sendo possível visualizar no Quadro 4. As variáveis V1 a V7 caracterizam as propriedades adotantes da ATV. A variável V1 permite identificar a localização no RS das amostras da pesquisa. As variáveis V2 e V3 definem o perfil dos produtores rurais. As variáveis V4 e V5 indicam se houve o aumento na adoção da ATV. A variável V6 identifica as tecnologias de AP adotadas na propriedade (além da ATV). A variável V7 indica o número de safras que o produtor adota a tecnologia de ATV.

**Quadro 4 - Variáveis que explicam os fatores de pesquisa.**

<b>Fator</b>	<b>Abreviação</b>	<b>Variável</b>
Caracterização da propriedade	V1	Município
	V2	Idade
	V3	Escolaridade
	V4	Área Cultivada de Soja
	V5	Área de Soja destinada a ATV
	V6	Técnicas de AP na propriedade
	V7	Número de safras adotando a ATV*
Percepções dos produtores rurais	V8	Técnica de AP que pretende adotar
	V9	Dificuldade na Adoção da ATV
	V10	Expectativa da adoção ATV na cultura da soja antes da implementação na propriedade
	V11	Percepção dos benefícios da ATV na cultura da soja durante a sua implementação
Percepções dos atores-chave	V12	AP no Brasil e as perspectivas para os próximos anos
	V13	Fatores que limitam o crescimento da AP no Brasil e os benefícios gerados pela tecnologia
Eficiência técnica	V14	Redução no uso de fertilizantes com o uso da ATV
	V15	Produtividade (ATV x AC)*
Eficiência econômica	V16	Custo ha <sup>-1</sup> (ATV x AC)*
	V17	Histórico do preço da soja*

Nota: \*As variáveis são utilizadas para responder se a tecnologia da ATV confere um retorno econômico ao curto ou longo prazo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para as variáveis V4 e V5 obteve-se dados das últimas cinco safras: 2009/2010; 2010/2011; 2011/2012; 2012/2013 e 2013/2014. Por meio das percepções dos produtores rurais e atores-chave, buscou-se analisar o panorama da ATV na cultura da soja e da AP de forma geral. As variáveis V8 a V11 definem as percepções dos produtores rurais, já as variáveis V12 e V13, as percepções dos atores-chaves. A variável V9 mediu a dificuldade na adoção da ATV em nove dimensões, no qual foi utilizada a escala Likert de cinco pontos, onde 1 (um) significa “discordo muito” e 5 (cinco) “concordo muito”.

As variáveis V10 e V11 indicam a diferença entre a expectativa dos benefícios da ATV, gerada pelos produtores antes da sua adoção e os benefícios percebidos durante a adoção. Os benefícios listados para serem respondidos pelos produtores correspondem ao encontrado na literatura sobre a ATV.

As variáveis V12 e V13 descrevem quatro pontos: a situação da AP no Brasil, perspectiva da AP para os próximos anos, o que limita o crescimento da AP no Brasil e os principais benefícios da tecnologia. Ambas as variáveis foram respondidas pelos atores-chave.

A eficiência técnica envolve os aspectos físicos da produção, sendo representados pelas variáveis V14 e V15, nos quais são baseadas em dois pontos: produtividade e o uso de fertilizantes. A eficiência técnica, caracterizada na pesquisa, é quando a tecnologia consegue propiciar a mesma produção ou aumentá-la, com a otimização no uso de fertilizante e/ou a sua redução.

A eficiência econômica envolve os aspectos monetários da produção, a fim de obter o máximo lucro ou o menor custo, sendo representada pelas variáveis V16 e V17, no qual envolve o custo  $ha^{-1}$  da tecnologia e o retorno econômico gerado por ela. A eficiência econômica, caracterizada na pesquisa, é quando o custo da tecnologia é inferior ao ganho econômico gerado por ela. As variáveis V14 a V16 são construídas a partir da percepção dos agricultores, embora não façam parte do grupo de fatores relacionados às “percepções”, conforme indicado no Quadro 4.

Para a análise do curto e longo prazo, é utilizada a resposta do “insumo” tecnologia, representado pela ATV. As variáveis para a análise são: V7, V15, V16 e V17. Os dados das variáveis V15 e V16 referem-se às médias de cinco safras de soja.

### 3.6 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS.

Os dados foram analisados utilizando o suporte dos softwares “Microsoft Excel” (Microsoft Office), SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), Assisat (Statistical Assistance) e Manyeyes (construção de nuvens de palavras).

A análise descritiva das variáveis teve como finalidade identificar medidas de distribuição e localização da amostra. Desta forma, foi possível caracterizá-la e fazer inferência as variáveis, analisando informações referentes aos valores máximos, mínimos, médios, frequências, moda e desvio-padrão.

A caracterização das propriedades e dos adotantes da ATV na cultura da soja no RS foi realizada a partir da análise descritiva dos dados referente à: a) cidade; b) idade; c) escolaridade; d) área cultivada de soja; e) área de soja destinada a ATV; f) técnicas de AP utilizada na propriedade (além da ATV) e g) número de safras que utiliza a ATV.

Na sequência, foram analisadas as percepções dos produtores rurais em relação à ATV. A variável V8 foi avaliada a partir da análise de frequência e a variável V9 a partir da escala Likert de cinco pontos. Com a diferença das frequências de “sim” e “não” entre as variáveis V10 e V11 foi descrito quais as expectativas que os produtores tinham antes da adoção da ATV e quais se confirmaram após a adoção da tecnologia.

Efetou-se o teste de Pearson para analisar o coeficiente de correlação entre as variáveis V7 e V11. Sendo que o valor de  $r$  pode assumir valores de -1 a 1. Quando o  $r$  assume valor 1, significa que a correlação é positiva e perfeita, quando assume o valor de -1, significa que a correlação é negativa e perfeita, isto é, se uma variável aumenta a outra diminui, e por fim, quando assume o valor 0, significa que as duas variáveis não apresentam correlação (HAIR *et al.*, 2009). A Tabela 5 demonstra a interpretação do coeficiente de correlação de Pearson.

**Tabela 5 - Faixas de interpretação dos coeficientes da análise de correlação de Pearson**

<b>Valores do coeficiente de <math>r</math></b>	<b>Força de associação</b>
$\pm 0,7 - \pm 1,0$	Forte correlação
$\pm 0,3 - \pm 0,69$	Correlação moderada
$\pm 0,0 - \pm 0,29$	Fraca correlação

Fonte: Hair *et al.* (2009)

Para facilitar a análise das variáveis descritivas, V12 e V13, agruparam-se as palavras e/ou os termos mais frequentes. Além disso, compararam-se as informações das variáveis V12 e V13 com as variáveis V9 e V11, com a finalidade de analisar as informações compartilhadas entre os produtores rurais e os atores-chave.

Para a análise da eficiência técnica e econômica, realizaram-se os testes descritos no Quadro 5. Com base no coeficiente de Pearson, avaliou-se a força de associação entre as variáveis V7 e V14, a fim de obter a relação entre o número de safras que o produtor adota a ATV e o uso de fertilizante. Para identificar a diferença entre as médias das respostas, os dados foram submetidos ao teste de médias, a interpretação da significância do teste foi baseada no valor de  $p$  com nível de 5% de significância. O mesmo teste de média foi realizado para analisar a variável V7 com as variáveis V15 e V16.

**Quadro 5 - Descrição dos testes de pesquisa.**

Testes	Variável	Descrição
Coeficiente de Pearson	V7 - V14	Correlação entre a redução no uso de fertilizantes com o número de safras que o produtor adota a ATV na cultura da soja.
Teste de F (ANOVA)	V7 - V14	Análise de variância entre o número de safras que o produtor utiliza a ATV com a redução no uso de fertilizantes na cultura da soja.
Teste de média (Scheffé)	V7 - V14	Formação de grupos homogêneos entre a redução no uso de fertilizantes na cultura da soja pelo número de safras que o produtor adota a ATV.
Teste de normalidade (Watson)	V15	Analisar se a amostra produtividade segue uma distribuição normal
Teste de normalidade (Watson)	V16	Analisar se a amostra custo segue uma distribuição normal
Teste de normalidade (Watson)	V17	Analisar se os preços seguem uma distribuição normal
Teste de F (ANOVA)	V7 – DV* V15	Análise de variância entre o número de safras que o produtor utiliza a ATV com a diferença da produtividade entre a ATV e AC na cultura da soja.
Teste de F (ANOVA)	V7 – DV* V16	Análise de variância entre o número de safras que o produtor utiliza a ATV com a diferença dos custo $ha^{-1}$ entre a ATV e AC na cultura da soja.
Teste de média (Scheffé)	V7 – DV* V15	Teste de média para formação de grupos homogêneos entre as diferenças de sacas/ha (ATV e AC) na cultura da soja pelo número de safras que o produtor adota a ATV.
Teste de média (Scheffé)	V7 – DV* V16	Teste de média para formação de grupos homogêneos entre as diferenças de custo $ha^{-1}$ (ATV e AC) na cultura da soja pelo número de safras que o produtor adota a ATV.

Nota: \*DV = Diferença da variável.

Fonte: Elaborado pelo autor

Para as variáveis V15, V16 e V17, efetuou-se o teste de Watson, com nível de erro de 5% para analisar se as amostras seguem uma distribuição normal. Com a diferença entre a produtividade (V15) da ATV e AC com seus respectivos custos  $ha^{-1}$  (V16), demonstrou-se na forma de gráfico a eficiência econômica da ATV.

Aplicou-se a análise de regressão <sup>5</sup>entre a produtividade da ATV e AC (V15) para a obtenção da equação a ser utilizada na simulação da produção de soja no RS com a utilização da ATV. O coeficiente de determinação ( $r^2$ ) varia de 0 a +1 e representa a quantidade de variação da variável dependente explicada pelas variáveis independente combinada. A significância do coeficiente foi testada ao nível de significância de 5%, utilizando-se o valor de “ $p$ ”.

A simulação da produção de soja com o uso da tecnologia de ATV foi realizada até o ano de 2023. Por meio do levantamento histórico da produção nacional de soja e da produção do RS, efetuou-se a porcentagem de participação do RS no cenário nacional para os anos de 2005 a 2014. Com as porcentagens anuais dos respectivos anos foi realizado o teste Watson, com nível de erro de 5%, para avaliar se os dados seguem uma distribuição normal, sendo assim possível caracterizar a média como representativa para os anos de 2005 a 2014.

A partir da projeção nacional de soja (EMBRAPA) e com a porcentagem média de participação do RS no cenário nacional, projetou-se a produção do RS, no sistema AC, para os anos de 2015 a 2023. Com esta informação e com a equação obtida com a regressão, efetuou-se a projeção da produção de soja no RS, para os respectivos anos, caso fosse adotado à tecnologia de ATV nas propriedades rurais do RS.

---

<sup>5</sup> O modelo de regressão é um dos métodos estatísticos mais usados para investigar a relação entre variáveis. A análise de regressão estuda a relação de duas ou mais variáveis.

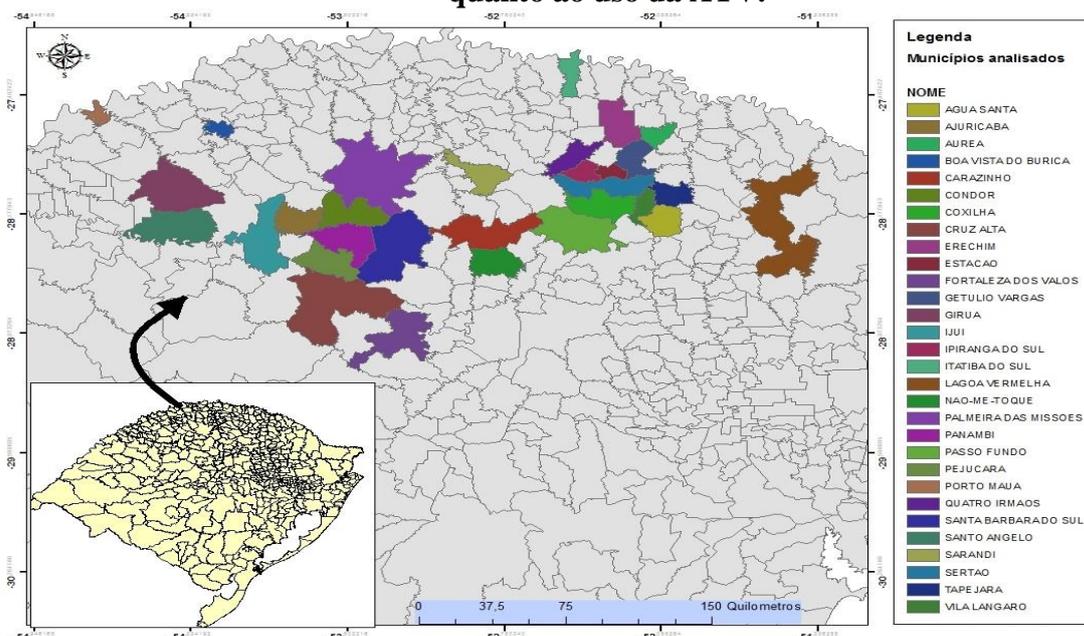
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos na pesquisa. Na primeira seção, são apresentadas as características do uso da ATV na cultura da soja. Na segunda seção, é descrita e analisada a perspectiva da adoção da AP e ATV pelos produtores rurais e atores chave. Na terceira e última seção, será apresentada a eficiência técnica e econômica da ATV na cultura da soja, além da simulação da produção futura de soja com a utilização da ATV.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO USO DA ATV NA CULTURA DA SOJA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.

Os agricultores respondentes ao questionário estão localizados em 30 municípios da região norte do Rio Grande do Sul (Figura 9). Estão representados na pesquisa os COREDES do Alto do Jacuí, da Fronteira Noroeste, das Missões, do Nordeste, do Noroeste Colonial, do Norte, da Produção e do Rio da Várzea.

**Figura 9 - Localização dos municípios onde foram amostrados os produtores de soja quanto ao uso da ATV.**

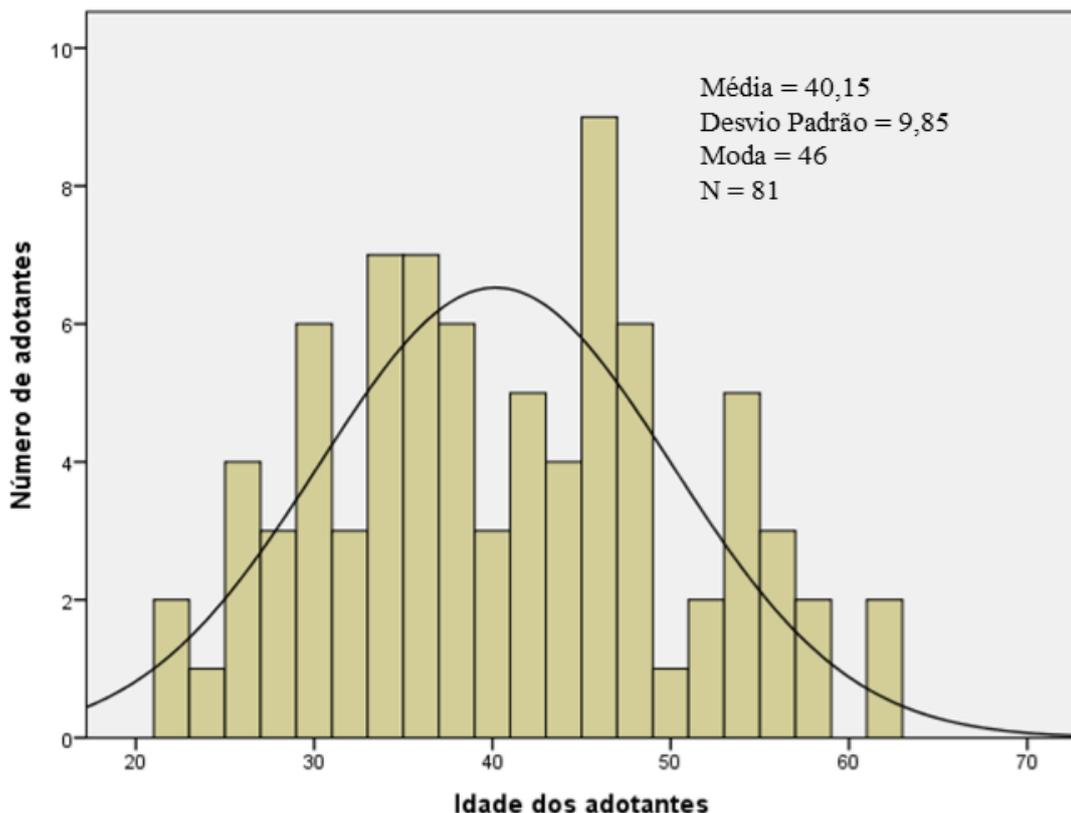


Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Os respondentes foram os proprietários e/ou administradores da propriedade. A alta representatividade de produtores na região Norte deve-se ao alto universo de empresas de máquinas e implementos agrícolas (ANSEMI, 2012) e por ser a principal região produtora de grãos, principalmente de soja (IBGE, 2014).

A idade dos adotantes da ATV variou entre 22 e 61 anos, tendo uma média de 40,15 anos, com um desvio padrão de 9,85 anos e uma moda de 46 anos (Figura 10). Esta média pode ser equiparada a adotantes dinamarqueses e americanos, cujas médias foram de 43 e 46 anos, respectivamente (FOUNTAS, PEDERSEN e BLACKMORE, 2005). Além disso, Anselmi (2012), em sua pesquisa referente aos adotantes da AP no RS encontrou uma média de 41 anos, sendo que a pesquisa do autor contemplava a adoção de todas as ferramentas de precisão, diferentemente desta pesquisa, que aborda o uso específico da ATV.

**Figura 10 – Histograma da idade dos adotantes da ATV na cultura da soja no estado do RS.**



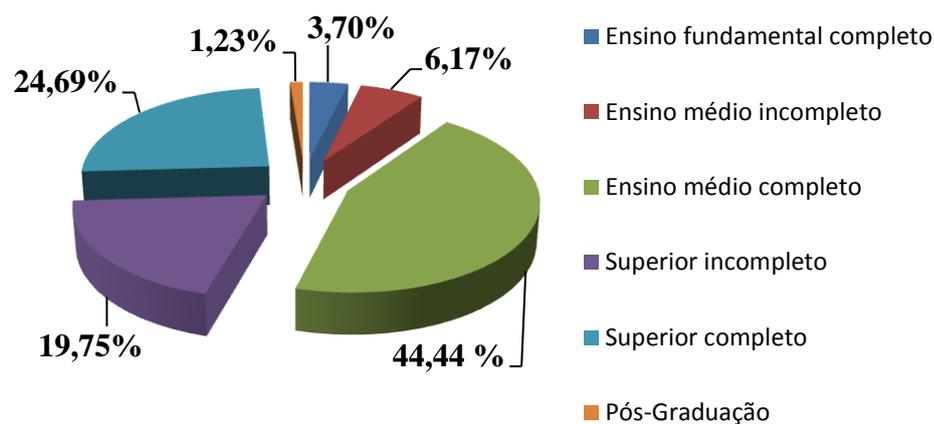
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Para o caso da presente pesquisa, os usuários desta ferramenta, em 96,3% dos casos, apresentam escolaridade acima da média para o Estado do RS, sendo que 88% possuem

ensino médio completo e/ou curso superior (Figura 11). Segundo a Pesquisa Nacional por Amostra e Domicílio – IBGE (2011), o brasileiro estuda em média 7,7 anos, o que não seria suficiente para concluir o ensino fundamental. Além disso, ainda em meados do Século XX, Schultz (1965) retratava a importância da escolaridade para a transformação do setor agrícola.

Um estudo realizado por Hoffmann e Ney (2004), no qual avaliam a desigualdade, escolaridade, e rendimentos na agricultura, indústria e serviços entre 1992 a 2002, identificou que o nível de escolaridade de pessoas ligadas à agricultura é inferior as que estão envolvidas na indústria e serviços. Além disso, o nível de escolaridade cresceu na agricultura durante esse período, sendo um indicativo da relação da escolaridade com a adoção de novas tecnologias.

**Figura 11 – Nível de escolaridade dos adotantes da ATV na cultura da Soja no estado do RS.**



Nota: Percentual de produtores por categoria

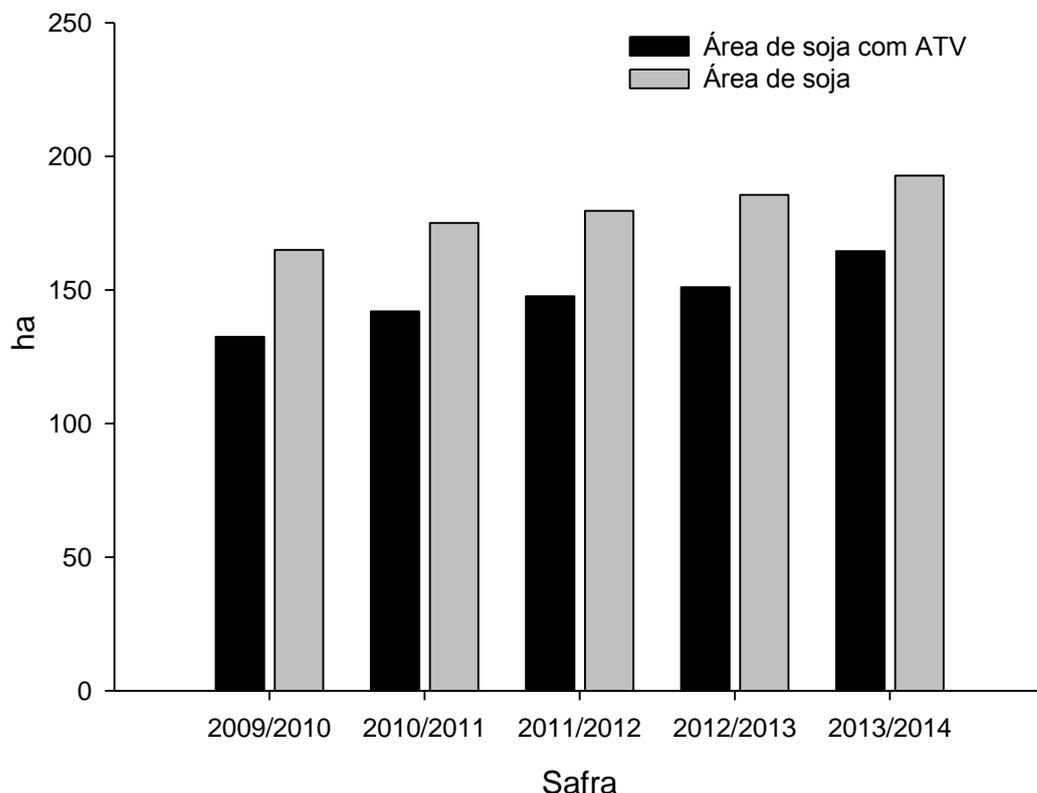
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Estes números demonstram que os adotantes da técnica de ATV têm uma formação diferenciada da maioria dos produtores rurais, indo ao encontro de Daberkow e McBride (2001), onde ressaltam que a escolaridade dos agricultores desempenha papel fundamental na adoção da AP. Desta forma, os produtores que apresentam escolaridade superior estariam propensos a adotar uma inovação mais rapidamente, diferentemente daqueles com nível de escolaridade inferior (ROGERS, 2003).

O nível de escolaridade e de informação é fundamental para que o produtor possa ter um controle da propriedade e dos resultados das tecnologias implementadas. Desta forma, poderá auxiliar na melhor combinação de insumos, compactuando com Pindyck e Rubinfeld (2002), no qual relatam, que para ter conhecimento da combinação adequada para ser utilizada dos insumos fixos e variáveis, a empresa deve calcular a produtividade dos insumos, devido à influência sobre os seus custos de produção. Para realizar esse controle, o produtor deve possuir um grau de informação que está diretamente relacionado com o nível de escolaridade.

Ao serem indagados sobre a área cultivada de soja e a área cultivada de soja com ATV, verifica-se que os adotantes estão aumentando ambas as áreas (Figura 12). É um indício de que os adotantes estão percebendo os benefícios do uso desta ferramenta tecnológica. Sendo a tecnologia um dos fatores de produção (CAVALCANTI e GOMES, 2001; MEIRELLES, 2006), a ATV apresenta-se como um meio tecnológico para o incremento produtivo e otimização de insumos agrícolas.

**Figura 12 – Média das áreas com cultivo de soja e de soja com a utilização da ATV nas safras de 2009/2010 a 2013/2014 nas propriedades analisadas no RS.**



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Neste estudo, a menor área cultivada com soja pelos adotantes foi de 50 ha em 2009/2010 e a maior área foi de 1100 ha em 2013/2014. Além disso, na safra de 2013/2014, todas as propriedades pesquisadas utilizaram a ATV (Tabelas 6 e 7), indo ao encontro de Bernardi, Fragalle e Inamasu (2012), que afirmam que a adoção da AP está ocorrendo nos mais diversos setores do agronegócio brasileiro, mas em um ritmo inferior ao previsto inicialmente. A influência do tamanho das propriedades na adoção da ATV também foi observada por Daberkow e McBride (2001). Para Bernardi, Fragalle e Inamasu (2012), o tamanho da propriedade se reflete na adoção da AP, sendo que tendem a serem maiores as propriedades nas quais a AP está sendo utilizada.

**Tabela 6: Número de produtores, mínima, máxima e média da área cultivada com soja nas safras de 2009 a 2014 a 2014.**

Ano	N*	Mínima**	Máxima**	Média	Desvio padrão
2009/2010	81	50	800	164,99	105,069
2010/2011	81	63	900	175,09	112,943
2011/2012	81	68	890	179,62	112,099
2012/2013	81	68	850	185,63	109,662
2013/2014	81	70	1100	192,81	130,219

\* Número de produtores \*\* valores em hectare.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

**Tabela 7: Número de produtores, mínima, máxima e média da área destinada a ATV cultivada com soja nas safras de 2009 a 2014.**

Ano	N*	Mínima**	Máxima**	Média	Desvio padrão
2009/2010	81	0	382	30,99	69,152
2010/2011	81	0	420	67,05	87,609
2011/2012	81	0	500	106,95	97,068
2012/2013	81	0	454	139,84	90,049
2013/2014	81	45	600	164,53	93,229

\* Número de produtores \*\* valores em hectare.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

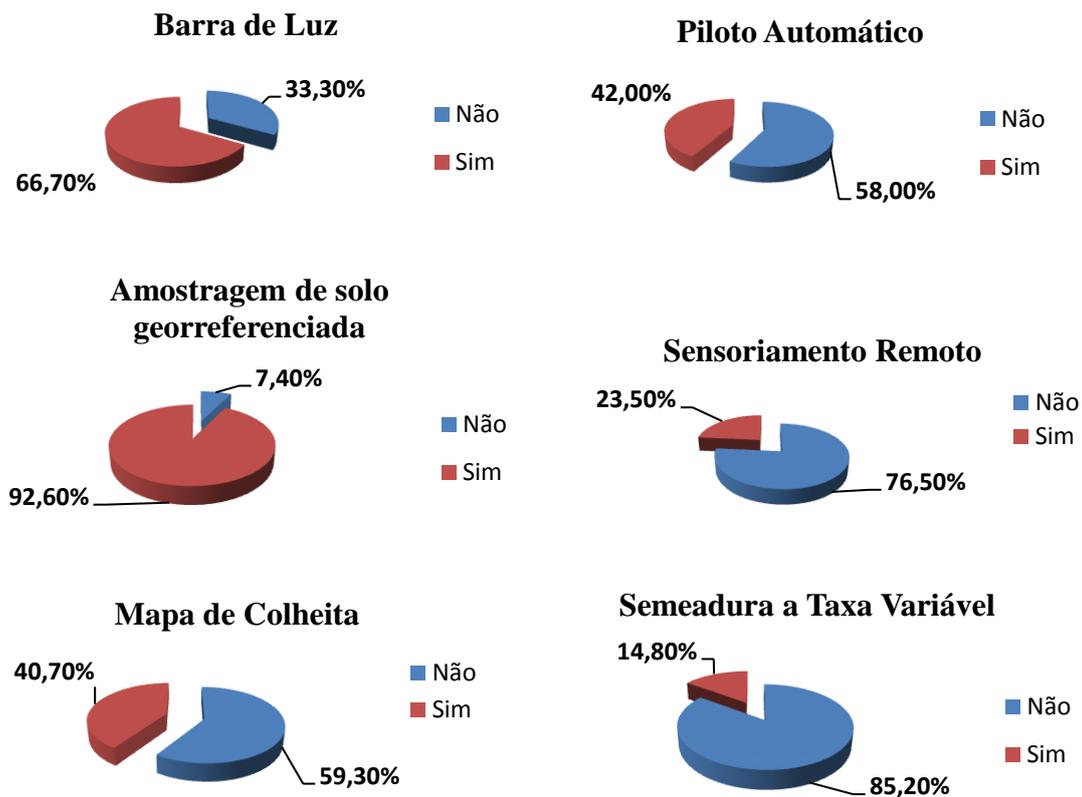
Além da ATV, outras ferramentas são adotadas pelos produtores, principalmente a amostragem de solo (92,60%) e a barra de luz (66,70%) (Figura 13). Ressalta-se que 7,4% (seis produtores) responderam não realizar a amostragem de solo, pois não efetuam anualmente a amostragem, chegando a realiza-la em um período de até três anos, no qual a aplicação é realizada com informações da última amostragem. Molin, em meados de 2004, chamava a atenção para este fato, afirmando que a AP no Brasil, tem se “dedicado” muito ao

manejo da variabilidade dos atributos de solo, deixando de lado o monitoramento das respostas das plantas, a partir dos mapas de produtividade.

Em relação ao mapa de colheita, os principais fatores pelos quais a utilização não se popularizou no Brasil são a dificuldade de interpretar os mapas gerados e utilizá-los como ferramenta para a tomada de decisão. Para Santi, Basso e Cherubin (2011), a utilização de mapas de colheita não apresenta parâmetros prontos, requerendo uma visão holística da lavoura, e em alguns casos conhecimento agrônômico mais aprofundado.

De forma geral, os agricultores estão adotando as ferramentas de AP. Segundo à FAO (2014), a adoção das ferramentas de AP está proporcionando aumento da produtividade, redução de insumos e ganhos de produtividade. Estes fatores podem estar influenciando a adoção das ferramentas de AP.

**Figura 13 – Técnicas de AP realizadas na propriedade além da ATV.**

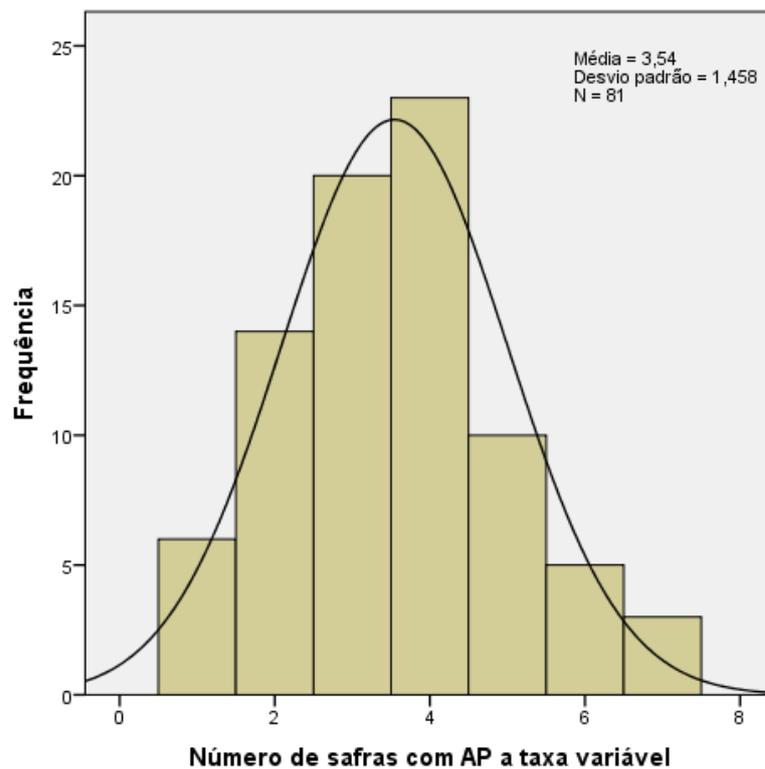


Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Mesmo que a AP seja ainda um ramo pouco explorado no Brasil, a sua adoção está crescendo nos últimos anos. No entanto, de acordo com Molin (2003 e 2004), a AP merece ser amplamente pesquisada para que, no futuro, possa colaborar para a otimização da produção agrícola do país. Desta forma, é possível perceber que as propriedades estudadas utilizam a ATV de uma a sete safras de soja, sendo que a moda foi de quatro safras e a média de 3,54 safras (Figura 14 e 15).

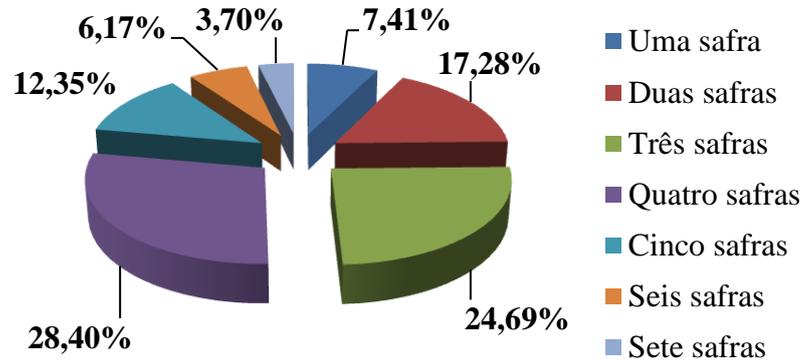
Neste sentido, Lowenberg-Deboer (1996) descreve que a AP nem sempre se mostra rentável em curto prazo, especialmente quando utilizada em culturas de grão, como no caso, a cultura da soja. Em relação a isso, Arbage (2006) destaca que a mudança tecnológica está relacionada normalmente ao longo prazo, ou seja, a ATV, que faz parte de um fator de produção que é a tecnologia, demonstraria seus benefícios no longo prazo. Além disso, o aumento da área de ATV nos últimos anos, como demonstrado nas Tabelas 5 e 6, é um indicativo dos benefícios oriundos da implementação desta ferramenta.

**Figura 14 - Histograma do número de safras que os produtores adotam a ATV na cultura da soja no estado do RS.**



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

**Figura 15 – Porcentagem de produtores pelo número de safras que utilizam a ATV.**



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Neste estudo foram amostradas 81 propriedades rurais, na principal região produtora de soja do RS, sendo este estado o terceiro maior produtor de soja em grão do Brasil, superado apenas pelos estados de Mato Grosso e Paraná (IBGE, 2014). Além disso, todas as propriedades são adotantes da ATV, além de utilizarem outras ferramentas de AP, principalmente a amostragem de solo georreferenciada e a barra de luz.

Os produtores amostrados têm em média 40 anos de idade, sendo que 88% concluíram o ensino médio e/ou superior. A área cultivada de soja variou de 50 a 1100ha entre as safras de 2009/2010 a 2013/2014. Além disso, a área de ATV variou de 0 a 600ha no mesmo período, tendo em média um tempo de adoção de 3,54 safras. Esses dados se tornam importantes, pois para Pierpaoli *et al.* (2013) o tamanho da propriedade, a idade e a escolaridade do proprietário ou administrador são fatores que influenciam na adoção da AP.

Segundo a FAO (2014), o desenvolvimento e a disseminação de novas tecnologias passam a ser fatores importantes para determinar o futuro da agricultura. Sendo assim, ferramentas de AP, como a ATV, estão inclusos nessas novas tecnologias. Além disso, está ocorrendo o desenvolvimento e a disseminação da AP, sendo possível ser visualizado pelo aumento das áreas de ATV e por outras tecnologias de AP adotadas nas propriedades.

Após terem sido descritas algumas características do uso da ATV na cultura da soja no estado do RS, será descrita na seção seguinte a perspectiva dos adotantes e dos atores chave sobre a ATV na cultura da soja.

## 4.2 PERSPECTIVA DA ADOÇÃO DA ATV PELOS PRODUTORES RURAIS E ATORES CHAVES.

Esta seção é dividida em duas partes. A primeira parte compreende a expectativa dos produtores em relação à ATV na cultura da soja e a segunda parte compreende a percepção dos atores chave perante AP.

### 4.2.1 Percepções dos produtores rurais

Como descrito por Inamasu *et al.* (2012), a maioria das propriedades não contempla todo o ciclo de AP, sendo a ATV uma das mais utilizadas. Contudo, pode-se observar a expectativa na adoção de novas ferramentas, como por exemplo, a semeadura a taxa variável, onde aproximadamente 86% dos produtores entrevistados demonstram interesse quanto a sua adoção. Além disso, outras tecnologias como a nanotecnologia e a irrigação por precisão, ferramentas não comuns nas propriedades, foram citadas pelos produtores (Tabela 8).

**Tabela 8 - Ferramentas de AP que seriam úteis futuramente na propriedade.**

	Não	%	Sim	%
Semeadura a taxa variável	12	14,81	69	85,19
Sensores	39	48,15	42	51,85
Máquinas e implementos com GPS	27	33,33	54	66,67
Aumento nas tecnologias de aplicação automáticas	28	34,57	53	65,43
Novas ferramentas de recomendação de fertilizantes e corretivos à taxa variável levando em consideração amostragens estratificadas de solo	54	66,67	27	33,33
Outras tecnologias (nanotecnologia, irrigação de precisão)	17	20,99	64	79,01

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Os padrões básicos observados na adoção da AP nos últimos anos fazem com que se tenha um cenário de crescimento no uso de novas ferramentas. Segundo Swinton e Lowenberg-Deboer (2001), a AP vai se expandir mais rapidamente em países abundantes em terras, onde está disponível o capital financeiro e aonde o uso do trabalho e de insumos são

eficientes. Sendo assim, pode-se destacar a presença de alguns dos fatores de produção, como o capital, a terra e o trabalho.

Além disso, a capacidade empresarial, que é outro fator de produção, se faz presente quando o produtor busca aderir às novas ferramentas. Algo percebido na pesquisa, quando os produtores entrevistados possuem expectativas em adotar na propriedade novas ferramentas de AP.

Mesmo que os produtores possuam expectativas em novas ferramentas de AP, uma das mais utilizadas, que é a ATV, sofre algumas limitações quanto a sua adoção. É possível notar na Tabela 8 que o custo da tecnologia, a falta de pessoal qualificado, a falta de informação sobre a tecnologia e o custo elevado dos prestadores de serviços foram pontos que obtiveram um maior grau de concordância pelos produtores, quando questionados sobre as dificuldades na adoção da ATV. Tey e Brindal (2012) obtiveram o mesmo resultado. Além disso, destacaram que o avanço na adoção depende prioritariamente de pessoas capazes e com conhecimento para lidar com eletrônica, softwares, mecânica, hidráulica e também uma nova forma de enxergar a produção agrícola. Sendo assim, é possível perceber que a qualificação pessoal torna-se uma dificuldade no momento de aderir à ferramenta de ATV.

Na Tabela 9 e Figura 16 os quesitos: nem sempre o sistema gera lucro, falta de recurso para adquirir um sistema completo de AP, dificuldade operacional, falta de prestadores de serviços e falta de financiamento, foram pontos que os produtores não consideraram como limitantes para a adoção da ATV.

**Tabela 9 – Dificuldades na adoção da ATV.**

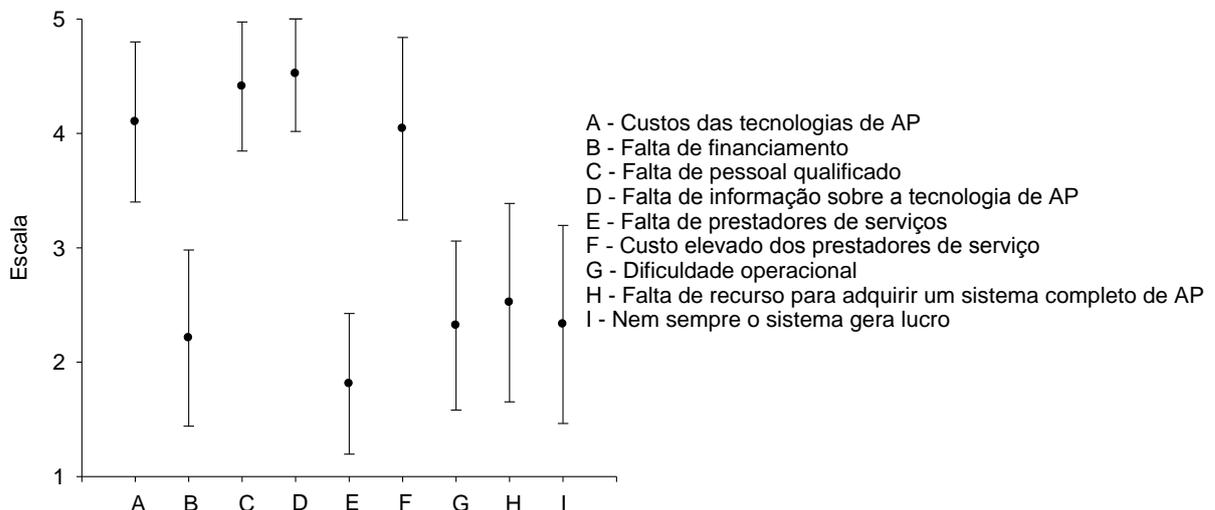
<b>Problemas</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>T</b>	<b>ME</b>	<b>DP</b>
<b>Custos das tecnologias de ATV</b>	0	0	16	41	24	81	4,10	0,700
<b>Falta de financiamento</b>	10	51	13	7	0	81	2,21	0,770
<b>Falta de pessoal qualificado</b>	0	0	3	42	36	81	4,41	0,565
<b>Falta de informação sobre a tecnologia de ATV</b>	0	0	0	39	42	81	4,52	0,503
<b>Falta de prestadores de serviços</b>	24	48	9	0	0	81	1,81	0,615
<b>Custo elevado dos prestadores de serviço</b>	0	5	9	45	22	81	4,04	0,798
<b>Dificuldade operacional</b>	0	68	0	13	0	81	2,32	0,739
<b>Falta de recurso para adquirir um sistema completo de AP</b>	1	56	5	19	0	81	2,52	0,868
<b>Nem sempre o sistema gera lucro</b>	6	57	3	15	0	81	2,33	0,866

Nota: Escala de 1 a 5, onde 1 = discordo muito e 5 = concordo muito. T= total; ME = média da escala; DP = desvio padrão.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Isso pode ser explicado, principalmente, pela existência de empresas prestadoras de serviços o que reduziria o problema ocasionado pela dificuldade operacional. Além disso, Silva *et al.* (2007) destacam que a tecnologia de AP não se apresenta apenas como a mais produtiva, mas sim como a mais rentável, ou seja, com um retorno econômico superior quando comparado com a agricultura convencional. Isso faz com que o sistema possa ter resposta positiva quanto à rentabilidade. Este retorno econômico está relacionado com a eficiência técnica e econômica da AP, no qual envolve, respectivamente, os aspectos físicos e monetários da produção.

**Figura 16: Dificuldade na adoção da ATV**



Nota: Escala de 1 a 5, onde 1=discordo muito e 5=concordo muito.

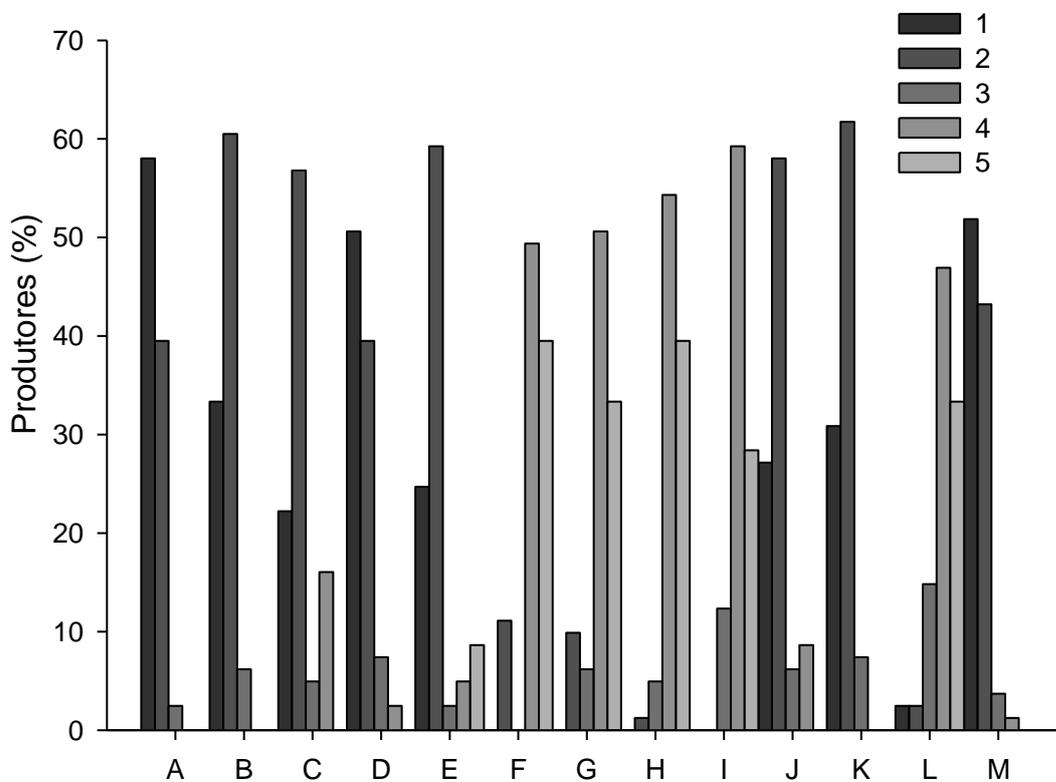
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

A adoção da ATV vem sendo incrementada com o objetivo de redução nos custos de produção e maior eficiência operacional, sendo uma tecnologia que tende a estar em pleno crescimento nos próximos anos. Porém, algumas barreiras ainda necessitam ser rompidas para seu pleno estabelecimento nas diversas condições brasileiras. Com base nisso, alguns apontamentos foram realizados aos produtores para que pudesse identificar as barreiras que limitam o crescimento da ATV na sua região de atuação. Sendo assim, a Figura 17 demonstra indicativos para expansão e/ou prevenção do seu uso na agricultura.

Maior parte dos produtores (79 produtores) discordaram da afirmação de que os custos da ATV seriam superiores aos benefícios que a tecnologia geraria. Dessa forma, a eficiência técnica e econômica seriam positivas para esta ferramenta, o que favoreceria a expansão da

tecnologia. Hedley (2015) conclui em sua pesquisa que o retorno financeiro gerado pela AP é eficaz em relação ao investimento da adoção da tecnologia. Além disso, outros pontos como a qualidade do solo, topografia do terreno, tempo para geração dos mapas e interferências (climáticas, operacionais, etc) na coleta de dados não seriam fatores que impediriam a expansão da ATV.

**Figura 17- Barreiras para a expansão e/ou prevenção da adoção da ATV.**



- A - Os custos de ATV são maiores que os benefícios gerados pela tecnologia  
 B - Os prestadores de serviços de ATV exigem um número mínimo de ha para atender o produtor.  
 C - Qualidade do solo na área limita a rentabilidade da ATV  
 D - Topografia do terreno impede uso  
 E - Demora entre a coleta das amostras de solo até a geração dos mapas  
 F - Consigo observar os benefícios da ATV no meu negócio  
 G - Valores cobrados não são excessivos pela tecnologia  
 H - Dificuldade de contratação de mão de obra especializada
- I - Custos na aquisição de equipamentos e softwares são elevados  
 J - É difícil avaliar o ganho de produção com a utilização da ATV  
 K - Equipamentos de precisão mudam rapidamente e aumentam os custos  
 L - Dificuldade no treinamento de funcionários para manuseio dos programas e equipamentos  
 M - A coleta de dados sofre interferências (climáticas, operacionais etc) que dificultam sua aplicação.

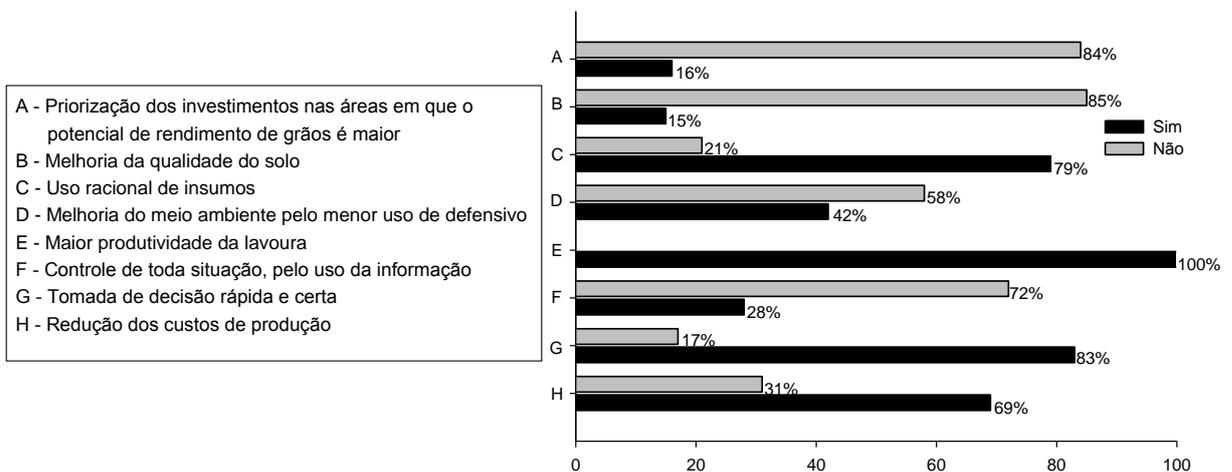
Nota: Escala de 1 a 5, onde 1=discordo muito e 5=concordo muito.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Em relação à prevenção da adoção da ATV, o que impediria a expansão seria a quantidade mínima de hectares exigida pelos prestadores de serviços. Além disso, a dificuldade na contratação de mão de obra especializada e os custos na aquisição de equipamentos e softwares foram lembrados pelos produtores como fatores limitantes para o crescimento da ATV.

Antes da implementação da ATV na propriedade, os produtores possuíam algumas expectativas quanto aos benefícios da ferramenta, como a redução dos custos de produção (69%), tomada de decisão rápida e certa na propriedade (83%), maior produtividade na lavoura (100%) e uso racional de insumos (79%). Outros fatores tiveram uma menor representatividade, como o controle de toda a situação da lavoura pelo uso da informação (28%), melhoria do meio ambiente pelo menor uso de insumos (42%), melhoria da qualidade do solo (15%) e priorização dos investimentos nas áreas em que o potencial de rendimento de grãos é maior (16%) (Figura 18).

**Figura 18- Expectativa da adoção ATV na cultura da soja antes da implementação na propriedade.**

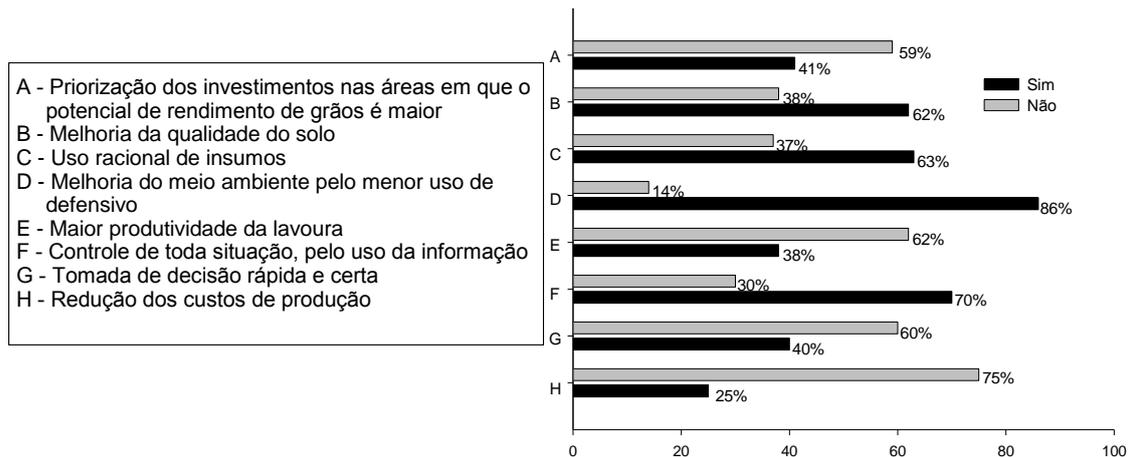


Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Após a implementação da ATV na propriedade, os produtores perceberam alguns benefícios da ferramenta, como a tomada de decisão rápida e certa (62%), controle de toda situação da lavoura pelo uso da informação (63%), maior produtividade da lavoura (86%) e o uso racional de insumos (70%). Outros fatores tiveram uma menor representatividade, como a redução dos custos de produção (41%), melhoria do meio ambiente pelo menor uso de

insumos (36%), melhoria da qualidade do solo (40%) e priorização dos investimentos nas áreas em que o potencial de rendimento de grãos é maior (25%) (Figura 19).

**Figura 19 - Percepção dos benefícios da ATV na cultura da soja durante a sua implementação.**



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Os dados apresentados na Tabela 10 demonstram a mudança de percepção dos produtores em relação aos benefícios da ATV, antes e durante a adoção. Algumas perspectivas que os produtores possuíam antes da implementação da ATV não se mostraram visíveis em sua totalidade, como a redução dos custos de produção, tomada de decisão rápida e certa, maior produtividade da lavoura e melhoria do meio ambiente pelo menor uso de fertilizantes.

Esses benefícios foram identificados nos trabalhos de Batte e Arnholt (2003) e Tozer (2009), os quais destacam o potencial da AP como fonte de informação e sua utilização para tomada de decisão na propriedade, além da redução no custo de produção. Em compensação, outros benefícios que não eram esperados pela maioria dos produtores se concretizaram, como o controle da situação da propriedade pelo uso da informação, melhoria da qualidade do solo e priorização dos investimentos nas áreas em que o potencial de rendimento de grãos é maior.

Para compreender a mudança da percepção dos benefícios, antes e durante a adoção da AP a taxa variável, realizou-se uma análise fatorial com o propósito de analisar a significância entre os benefícios observados da AP com o número de safras que o produtor adota a

tecnologia. Após isso, efetuou-se a correlação de Pearson para verificar o coeficiente de correlação.

**Tabela 10 – Diferença (%) entre a percepção da adoção da ATV na cultura da soja antes e durante a implementação.**

	Antes		Durante		Diferença (Sim)
	Não	Sim	Não	Sim	
Redução dos custos de produção.	30,86	69,14	59,26	40,74	-28,40
Tomada de decisão rápida e certa.	17,28	82,72	37,68	62,32	-20,40
Controle de toda situação, pelo uso da informação.	71,60	28,40	61,73	38,27	9,87
Maior produtividade da lavoura.	0	100	13,58	86,42	-13,58
Melhoria do meio ambiente pelo menor uso de fertilizantes.	58,02	41,98	82,72	17,28	-24,70
Uso racional de fertilizantes.	20,99	79,01	29,63	70,37	-8,64
Melhoria da qualidade do solo.	83,95	16,05	60,49	39,51	23,46
Priorização dos investimentos nas áreas em que o potencial de rendimento de grãos é maior	83,95	16,05	75,31	24,69	8,64

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Na análise, apresentada na Tabela 11, os benefícios da ATV estão relacionados com o número de safras que o produtor adota a tecnologia, ou seja, quanto maior o número de safras adotando a ATV, mais perceptivos são os benefícios da ferramenta.

Com essas informações é possível perceber que os produtores rurais tendem a visualizar os benefícios da ATV. Além disso, destacam que futuramente novas tecnologias de AP, como a semeadura a taxa variável (85,19%) e outras tecnologias (como a irrigação de precisão, nanotecnologia, 79,01%), seriam úteis na propriedade. Isso vai ao encontro de Ancev, Whelan e Mcbratney (2005), os quais destacam que os produtores estão visualizando os benefícios da AP, principalmente as questões econômicas e ambientais, o que facilitaria no momento de aderir à tecnologia.

Alguns problemas em relação às dificuldades na adoção da ATV foram identificados, como o custo da tecnologia, a falta de mão de obra qualificada, a falta de informação sobre a tecnologia e os custos com os prestadores de serviços. As principais barreiras que limitam o crescimento da ATV são a exigência por parte dos prestadores de serviços de uma quantidade mínima de hectare para implementar a tecnologia, além da dificuldade de mão de obra especializada e os custos na aquisição de equipamentos e softwares.

**Tabela 11 - Resultado da correlação das variáveis que expressam a expectativa do uso da ATV com o número de safras que utilizam a tecnologia.**

Variáveis independentes	Coeficiente de correlação Pearson
	Safras**
Redução dos custos de produção	0,573
Tomada de decisão rápida e certa	0,541
Controle de toda situação, pelo uso da informação	0,616
Maior produtividade da lavoura	0,571
Uso racional de fertilizantes	0,355
Melhoria da qualidade do solo	0,638
Priorização dos investimentos nas áreas em que o potencial de rendimento de grãos é maior	0,536

Nota: Variável dependente: Número de safras que utiliza a AP a taxa variável. \*\*Significante ao nível de  $p < 0,01$ .  
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Quando analisadas as expectativas que os produtores tinham antes da adoção e as visualizadas durante a adoção, foi possível perceber que algumas delas que não eram comuns entre os produtores, foram observadas após a implementação, como o controle da propriedade pelo uso da informação (+9,87% dos produtores), melhoria da qualidade do solo (+23,46% dos produtores) e a priorização para investimentos (+8,64% dos produtores). Já outros benefícios que eram mais citados pelos produtores como a redução dos custos de produção (-28,10%), tomada de decisão rápida e certa (-20,40%), maior produtividade da lavoura (-13,58%), melhoria do meio ambiente pelo menor uso de fertilizantes (-24,70%) e uso racional de fertilizantes (-8,64%) reduziram após a adoção. Isso é explicado pelo número de safras que o produtor adota a tecnologia. Quanto maior o número de safras que o produtor adota a ferramenta, mais visíveis são os benefícios gerados por ela, indo ao encontro do argumento de Arbage (2006), o qual afirma que a mudança tecnológica está relacionada normalmente ao longo prazo.

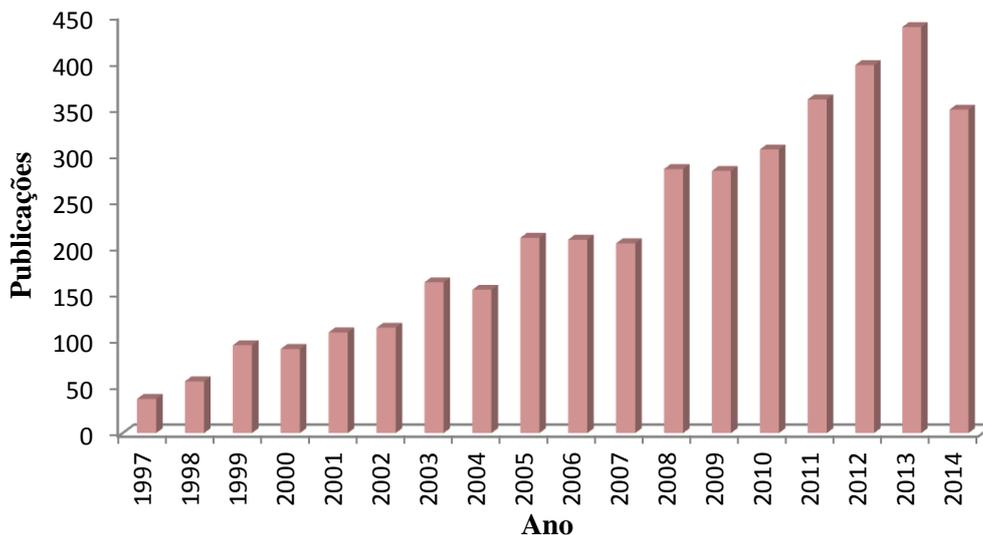
#### **4.2.2 Atores-chave da agricultura de precisão: visão acerca das perspectivas dos benefícios e dos limitantes da AP.**

A visão dos atores-chave permite analisar a situação da AP no Brasil e confrontar seus benefícios e limitações com os dos produtores rurais. A seguir será analisada a percepção dos atores-chaves acerca da AP.

#### 4.2.2.1 Agricultura de precisão no Brasil e a perspectiva para os próximos anos

O termo Agricultura de Precisão entrou mundialmente em uso no início de 1990, sendo um tema de crescente interesse no setor do agronegócio. No Brasil, a AP evoluiu a partir de 2002, ano em que se iniciava a prática mais popular que é a aplicação de insumos sólidos em taxas variáveis com base em amostragens georreferenciadas de solo (representante da SBEA). Além disso, a evolução da pesquisa pode ser retratada em números de publicações que associam o assunto “agriculture precision” (Figura 20).

**Figura 20 - Evolução da quantidade de artigos publicados relacionados à AP em nível mundial, no período de 1997 a 2014.**



Fonte: Web of Science (2015)

A situação da AP no Brasil varia de acordo com as regiões. Entretanto, a aplicação da AP em sua totalidade ainda não é facilmente encontrada (representante da ABEAG). A maioria das propriedades não contempla o ciclo completo da AP, porém, de modo geral, existe a adoção bem difundida de algumas etapas do ciclo, como por exemplo, o mapeamento de solo, aplicação em taxa variável e o uso de piloto automático (representante da ABEAG). Para De Campos Bernardi e Inamasu (2013), a aplicação de corretivos e a colheita são as atividades em que a AP está mais presente.

Para o representante do SENAR, a AP vem sendo trabalhada a mais de uma década no Brasil e encontra-se em expansão. São diversas as tecnologias embarcadas, como em

máquinas que auxiliam os produtores rurais em suas atividades produtivas. Contudo, essa expansão tem ocorrido de forma “despadronizada” e sem um entendimento conceitual do que realmente é AP. Além disso, alguns produtores têm adquirido serviços e máquinas sem entender como usá-los a favor do aumento da produtividade e da eficiência no trabalho.

Segundo o representante do MCTI, o aumento da demanda por alimentos e demais produtos agropecuários no Brasil e no mundo tem pautado a pesquisa para o desenvolvimento de um conjunto de tecnologias que resulte em maior produtividade e competitividade, focando na sustentabilidade. Além disso, a inovação, que é um dos principais componentes da AP, caminha neste sentido no Brasil. Destaca-se também a utilização da AP para pequenos produtores, sendo que o processo de implantação da AP na agricultura familiar ainda é lento (representante do MDA).

Para o representante da ABIMAQ, o Brasil está em um nível de adoção abaixo dos EUA e da Europa, mas em um patamar elevado quando comparado com a Argentina, que iniciou antes o uso da AP. Há ainda uma dificuldade para entender que a AP não é algo isolado, e sim uma tecnologia multidisciplinar que abrange várias áreas do conhecimento, exigindo um nível profissional mais elevado, fator este carente no país.

Para os próximos 10 anos, a expectativa é que se possa ter no mínimo 50 % do público praticando a AP (representante do MDA). O representante do PSAP vai além:

“futuramente a AP será praticada em 100% das áreas agrícolas, não somente em termos de fertilidade do solo, mas também irá auxiliar na gestão de pessoas, finanças e processos operacionais em geral. Todos os controles de processos poderão ser mais bem processados com o uso do conceito de AP.” (representante do PSAP)

Esta expectativa é compartilhada com o representante do SENAR, no qual relata a demanda das práticas de AP para o futuro, tanto nas atividades produtivas como evoluindo do atual cenário de utilização de tecnologias embarcadas em máquinas para a gestão da variabilidade espacial dentro da lavoura, podendo ser utilizada em diversas frentes de trabalho, como levantamento de dados, trabalho de informações e aplicação de tecnologias. Além disso, é provável que muitas das tecnologias que atualmente são chamadas de AP, passem a ser incorporadas nos sistemas produtivos agropecuários brasileiros como procedimentos corriqueiros, deixando de ser exceções. Como as inovações seguem em ritmo acelerado, paralelamente ao aumento das demandas de produção agropecuária, as perspectivas de mercado também seguem crescentes nesse segmento (representante do MCTI).

#### 4.2.2.2 Fatores que limitam o crescimento da AP no Brasil e os benefícios gerados pela tecnologia.

Como visto pelos autores chave, a AP está em pleno crescimento e desenvolvimento, mas existem alguns fatores que os limitam. Para o representante do MCTI, o grande desafio é a manutenção de políticas públicas de Estado que estimulem a continuidade do desenvolvimento de tecnologias nacionais e, com isso, reduzam a dependência externa por máquinas, equipamentos e softwares utilizados na AP.

O desenvolvimento das tecnologias agropecuárias nacionais colocou o Brasil em posição de destaque no mercado internacional. Entretanto, pode-se avançar, pois além de grande exportador de alimentos e commodities agrícolas, o Brasil tem o potencial para ampliar a participação no mercado internacional como exportador da tecnologia. No mercado interno, o desenvolvimento da tecnologia nacional contribuirá para a difusão e redução dos preços das tecnologias de AP. Além disso, para o representante do MCTI, “é preciso ainda desmistificar a ideia de que as tecnologias de AP atendem um único segmento produtivo, ligado ao agronegócio”.

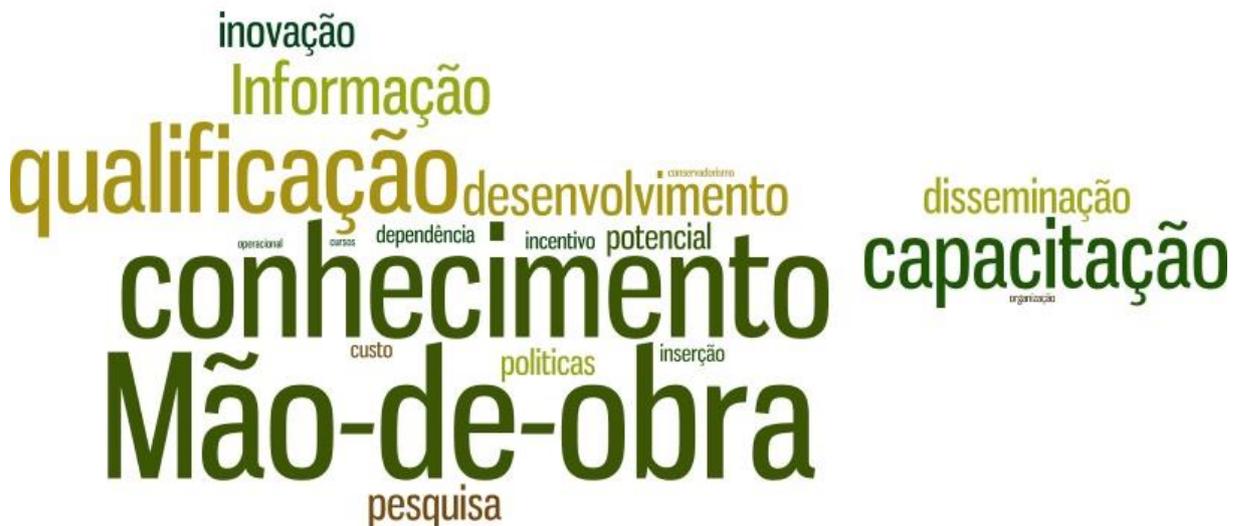
Segundo o representante da ABIMAQ e do FFEEAP, o que limita o crescimento da AP é a mão de obra qualificada, pois o avanço da tecnologia depende prioritariamente de pessoas capazes e com conhecimento para lidar com eletrônica, softwares, mecânica e também uma nova forma de enxergar a produção agrícola. Sendo assim, a AP constitui como uma ciência multidisciplinar, e para tanto, é necessário que todos os participantes sejam capacitados e entendam a sua parte no processo.

Para o representante da ABEAG, o que limita o crescimento da AP no Brasil é o custo para realizar as análises, uma vez que, de modo geral, os equipamentos possuem um custo relativo e operacional acessível aos produtores. Já, para as prestadoras de serviços, o que limita o crescimento é:

“o conservadorismo; a falta de mão de obra qualificada, pois as universidades não estão se preparando para o ensino da AP; falta rede de pesquisas conjuntas, pois o que há está ainda muito vago e disperso; taxa de inovação elevada, pois é uma tecnologia que modifica muito rápido e o Brasil não tem uma boa infraestrutura de ensino que possa acompanhar; e uma visão, às vezes, socialista da agricultura, sendo que o Brasil tem um potencial na produção de *commodities*, ou seja, deveria ter-se um maior foco na AP.”

A Figura 21 retrata as principais palavras descritas pelos atores chave, quando questionados sobre o limitante para o crescimento da AP no Brasil. A falta de mão de obra e a necessidade de conhecimento sobre a tecnologia, foram os pontos mais citados.

**Figura 21 - Limitação para o crescimento da AP no Brasil segundo os atores-chave**

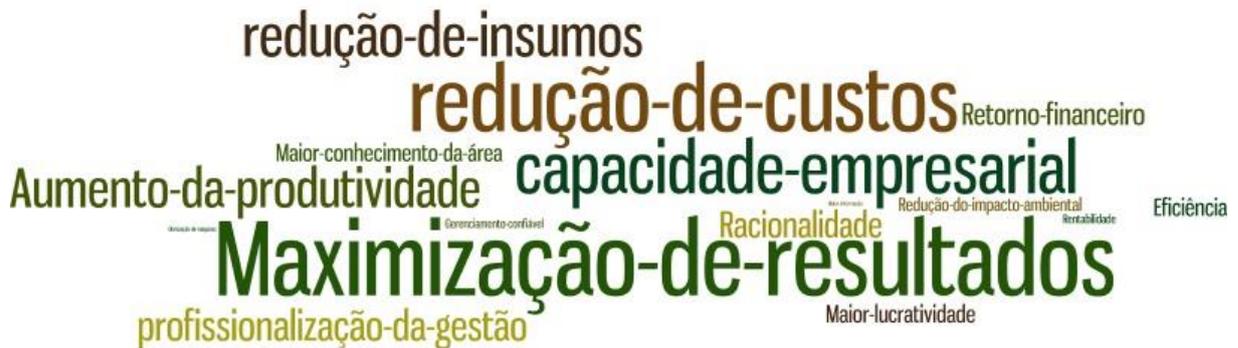


Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Segundo Molin (2004), para que ocorra o crescimento na adoção da AP, são necessárias duas frentes. A primeira trata-se da pesquisa, seja ela pública ou privada e a segunda, trata-se da redução do custo de adoção da ferramenta. Sendo assim, na medida em que a tecnologia evolui e as técnicas se adaptam à realidade do usuário, aumenta-se a probabilidade do uso da ferramenta por parte dos agricultores. Além disso, aliado a qualificação do usuário, melhorando a mão de obra e disponibilizando informação, é possível reduzir a barreira que limita o crescimento da AP no Brasil.

Para os atores chave, a AP traz inúmeros benefícios aos adotantes da tecnologia. Na Figura 22 é possível perceber os principais benefícios citados. A maximização de resultados e a redução de custos foram os benefícios mais citados pelos atores chave. A AP potencializa os resultados quando otimiza a aplicação de insumos. Indo ao encontro de Manzatto, Bhering e Simões (1999), onde descrevem que um dos principais benefícios da AP é aplicar os insumos no local correto, no momento adequado e as quantidades de insumos necessários para a produção agrícola.

**Figura 22- Benefícios da AP segundo os atores-chave.**



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Além disso, outros benefícios como a redução de insumos, redução do impacto ambiental, maior produtividade e lucratividade, vão ao encontro de autores como Batchelor (1997), Gentil e Ferreira (1999) e Campo (2000), sendo que o aumento do retorno econômico da AP pode ser realizado em três etapas: o aumento da produção, por meio de um maior volume a ser comercializado; aumento da qualidade do produto, pelo aumento do valor econômico; e melhor uso de recursos e insumos, pela melhoria no processo e melhor relação custo/retorno (INAMASU *et al.*, 2012). Sendo assim, a AP possui um potencial para gerar resultados positivos quanto sua eficiência técnica e econômica.

#### **4.2.3 Percepções entre os produtores rurais e atores-chave**

A teoria da produção auxilia o produtor a decidir pela combinação mais eficiente dos fatores de produção (recursos tecnológicos) necessários para a criação de bens, mas algumas variáveis podem limitar o uso destes fatores, fazendo com que os mais eficientes não sejam adotados (CARVALHO JUNIOR, 2011). A falta de mão de obra qualificada e a falta de informação/conhecimento sobre as ferramentas de AP são variáveis que limitam e/ou dificultam a sua adoção, sendo estas destacadas pelos produtores rurais e atores-chave.

O custo da tecnologia foi outra variável mencionada, sendo mais destacada pelos produtores rurais do que pelos atores-chave. A tecnologia se mostra eficiente quando o seu benefício é superior ao seu custo, demonstrando uma eficiência técnica e econômica. Neste caso, mesmo que o uso da ATV seja a mais eficiente, existem variáveis que limitam e/ou dificultam a adoção da ferramenta por parte dos usuários.

Em relação aos benefícios da AP, tanto os produtores rurais quanto os atores-chave destacam o uso racional de insumos, aumento produtivo e a facilidade na tomada de decisão pelo uso da informação. As mudanças tecnológicas estão relacionadas ao longo prazo os seus benefícios podem ser percebidos ao longo do uso da tecnologia.

Além disso, um determinado nível de produção pode ser obtido a partir de várias combinações de insumos, as quais podem apresentar custos totais distintos, conforme conceitualmente esclarecem Pinho e Vasconcellos (2006). Tratando a ATV como um insumo, a sua adoção terá um custo diferenciado quando comparado com a AC. Este custo pode interferir na adoção da ATV, mesmo que a tecnologia proporcione uma eficiência técnica e econômica superior. Desse modo, cabe à propriedade escolher a combinação associada ao menor custo ou a que permite a obtenção do maior volume de produção associada a um dado nível de gasto pré-determinado.

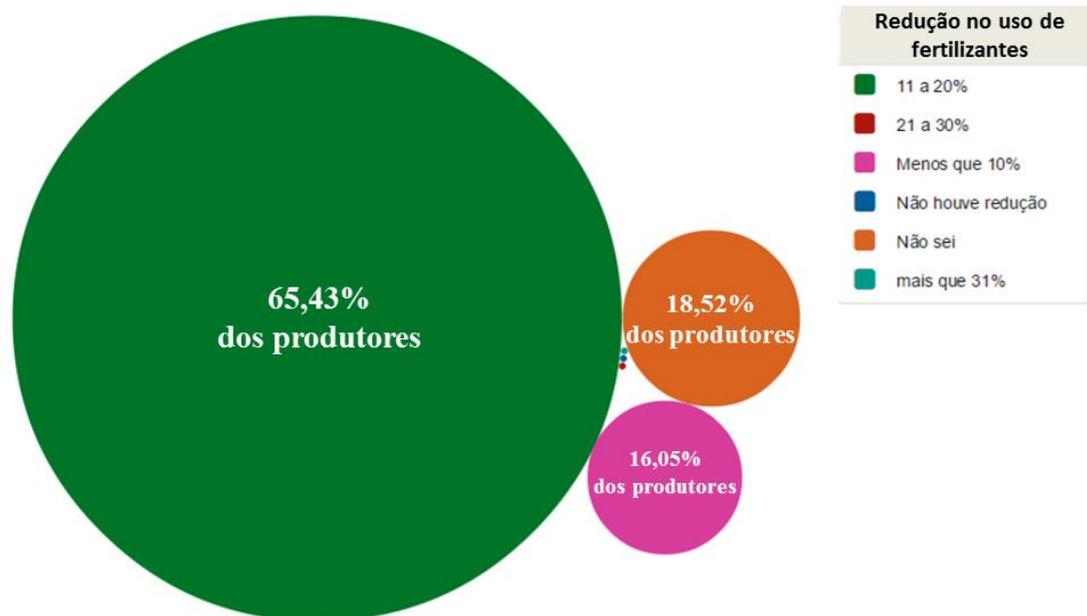
Após terem sido descritas e analisadas as principais percepções compartilhadas entre os produtores e dos atores-chave perante a AP, a próxima seção segue os resultados produtivos e econômicos do uso da ATV na cultura da soja.

#### 4.3 EFICIÊNCIA TÉCNICA E ECONÔMICA DA ATV NA CULTURA DA SOJA

Segundo a literatura, o uso racional de fertilizantes é um dos principais benefícios da adoção da ATV. Aproximadamente 82% dos produtores pesquisados relatam uma redução no uso de fertilizantes com a adoção da ATV quando comparado com a AC, sendo que 16,05% obtiveram uma redução de menos de 10%, e 65,43% obtiveram uma redução entre 11 a 20% (Figura 23).

Estes resultados são importantes em nível global, tendo em vista que um dos desafios cruciais para a humanidade nos próximos anos é ofertar alimentos sem prejudicar a integridade do meio ambiente (FOLEY *et al.*, 2011; PEREIRA, 2012). Para tanto, tecnologias que visem à redução e/ou à racionalidade na aplicação de insumos agrícolas devem ser intensificadas. Neste sentido, a utilização da tecnologia de AP como forma de redução na aplicação excessiva de fertilizantes agrícolas ganha destaque no cenário nacional e internacional.

**Figura 23 - Redução no uso de fertilizante com a adoção da ATV.**



Nota: Tamanho do círculo proporcional à frequência.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Todos os produtores que adotam a ATV a quatro ou mais safras reduziram o uso de fertilizante na cultura da soja, na taxa de 11 a 20% (Tabela 12). Dellamea (2008) em seu estudo sobre a eficiência da adubação a taxa variável em áreas manejadas com AP no RS, encontrou uma redução média de 33,1% de fertilizantes na cultura da soja. Estas reduções variam com a qualidade do solo, histórico da área, cultura implantada, entre outros fatores.

**Tabela 12- Número de produtores que tiveram redução no uso de fertilizantes conforme o número de safras que vem adotando ATV**

Safras	Número de produtores por % de redução no uso de fertilizantes			Total
	Menos que 10%	11 a 20%	Não sei	
1	0	0	6	6
2	5	1	8	14
3	8	11	1	20
4	0	23	0	23
5	0	10	0	10
6	0	5	0	5
7	0	3	0	3
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>53</b>	<b>15</b>	<b>81</b>

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Efetou-se a correlação de Pearson entre a redução no uso de fertilizantes com o número de safras que o produtor adota a ATV (Tabela 13). A redução no uso de fertilizantes tem relação com o número de safras que o produtor adota a ferramenta. Com o aumento do número de safras adotando a tecnologia ocorre a redução do uso de fertilizantes. Este fato é explicado pelo preparo contínuo do solo, aplicando fertilizantes em quantidade necessária para a cultura, além disso, deve-se levar em consideração a cultura que antecede o cultivo da soja, sendo que esta poderá extrair uma maior ou menor quantidade de nutrientes.

**Tabela 13 - Resultado da correlação entre a redução no uso de fertilizantes com o número de safras que o produtor adota a ATV na cultura da soja.**

Variável	Coefficiente de correlação Pearson
	Safras**
Fertilizantes	0,745

Nota: \*\*Significante ao nível de  $p < 0,01$ .

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Além disso, realizou-se a análise de variância para identificar a significância entre a porcentagem de redução no uso de fertilizantes com o número de safras que o produtor adota a ATV (Tabela 14). É possível verificar que houve diferença significativa. Sendo assim, o número de safras que o produtor adota a ATV na cultura da soja tem interferência com a redução no uso de fertilizantes.

**Tabela 14 - Análise de variância entre o número de safras que o produtor utiliza a ATV com a redução no uso de fertilizantes na cultura da soja.**

		ANOVA				
		GL	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	F	Sig.
<b>Nº de safras X redução no uso de fertilizantes</b>	Entre Grupos	6	2309,67	384,945	35,191	,000
	Nos grupos	74	809,464	10,939		
	Total	80	3119,14			

Nota: ANOVA significativa ao nível de  $p < 0,05$ .

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Com o teste de Scheffé, a um nível de significância de  $p < 0,05$ , formaram-se dois grupos (Tabela 15). O primeiro grupo foi formado pelos produtores que utilizam a ATV por uma ou duas safras. Já o segundo grupo foi formado pelos produtores que adotam a ATV por três ou mais safras. Sendo assim, a partir da terceira safra de adoção da ATV, a quantidade reduzida de fertilizante permanece a mesma, ou seja, todos os produtores que adotam a ATV por mais de três safras, perceberam a mesma porcentagem de redução de fertilizantes, quando comparado com a AC.

**Tabela 15 - Teste de média para formação de grupos homogêneos entre a redução no uso de fertilizantes na cultura da soja pelo número de safras que o produtor adota a ATV.**

Número de safras	Nº de produtores	Grupo para alfa = 0.05	
		1	2
1	6	0	
2	14	2,8571	
3	20		10,2500
4	23		15,0000
5	10		15,0000
6	5		15,0000
7	3		15,0000
<b>Sig.</b>		<b>0,842</b>	<b>0,293</b>

Nota: Valores médios de redução do uso de fertilizantes/número de safras. Teste de Scheffé a nível de  $p < 0,05$   
 Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

A utilização de fertilizantes agrícolas é importante para o estabelecimento da cultura e sua manutenção, possuindo interferência direta na produtividade (JOHNSTON, 1998). Além disso, o uso racional de fertilizantes é indispensável, para não ocorrer uma subestimativa ou uma superestimativa na quantidade a ser aplicado, o que possivelmente ocasionaria impacto ambiental.

A AP possibilita o gerenciamento da aplicação de fertilizantes e, como consequência, uma agricultura ambientalmente correta, contribuindo com a sustentabilidade (ZHU e JIN, 2013), e indica que a precisão no manejo de fertilizantes localizado e em quantidade certa reduz o impacto ambiental (SAPKOTA *et al.*, 2014). Além da redução e/ou otimização do uso de fertilizantes, a AP aumenta a produção agrícola (SILVA; DE MORAES; MOLIN, 2011).

Com as amostras de produtividade (sacas/ha) e de custo (R\$/ha) foi efetuado o teste de normalidade de Watson, para avaliar se as amostras seguem uma distribuição normal. Caso o

teste for negativo, ou seja, não apresentar uma normalidade, os valores de cada amostra são dispersos, e como consequência, apresenta alto desvio padrão em relação à média. Com um nível de erro de  $p < 0,05$ , a amostra custo segue uma distribuição normal para os valores da AC, sendo que para os valores da ATV a amostra não segue uma distribuição normal. Esse fato pode ser explicado pela diferença do custo  $\text{ha}^{-1}$  da ATV entre as diferentes propriedades, algumas tendo um custo maior em relação a outras, o que pode ser explicado pelo número de safras adotando a tecnologia, no qual pode reduzir o custo  $\text{ha}^{-1}$  (Tabela 16).

**Tabela 16- Teste de normalidade para custo e produtividade em áreas de ATV e AC.**

	Vcrit	ATV		AC	
		Valor	Normal	Valor	Normal
<b>Custo (R\$/ha)</b>	0,11529	0,22150	Não	0,11248	Sim
<b>Produtividade (Sacas/ha)</b>	0,11529	0,10955	Sim	0,14804	Não

Nota: Teste de Watson com um nível de erro de  $p < 0,05$

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Em relação à produtividade, os valores da ATV seguem uma distribuição normal, já os valores de produtividade da AC não seguem a distribuição normal (Tabela 15). Este fato é explicado pela diferença de produtividade de cada propriedade no sistema AC, fazendo com que os valores das amostras sejam dispersos, ou seja, que o desvio padrão da amostra seja considerado alto em relação à média. Isto acontece pelo manejo diferenciado de cada propriedade, pelo uso de outras tecnologias (sementes com alto potencial produtivo, máquinas agrícolas que reduzem perda na colheita) entre outros fatores que afetam a produtividade. Já para ATV, a normalidade das amostras deve-se pela baixa dispersão dos valores de produtividade de cada propriedade.

A produtividade média nas áreas de ATV e AC foram, respectivamente, de 62,54 e 58,58 sacas/ha, com um desvio padrão de 5,08 para a área de ATV e 4,11 para a área de AC, tendo uma diferença entre as médias de 3,96 sacas/ha (Tabela 17). Além disso, a diferença entre as médias de produtividade da ATV e AC é de 6,76%. Dellamea (2008) analisando o incremento produtivo de soja em áreas com ATV e AC, encontrou um aumento de 10% na produtividade em áreas com ATV.

Em relação aos custos, para a área de ATV o custo médio foi de R\$1578,38  $\text{ha}^{-1}$  com um desvio padrão de 73,35. Em área de AC, o custo foi de R\$1493,56  $\text{ha}^{-1}$  com um desvio padrão de 76,49, sendo que a diferença entre os custos médios foi de R\$84,83.

**Tabela 17 - Número de produtores, mínimo, máximo, média e desvio padrão da produtividade e do custo ha<sup>-1</sup> de soja em área com ATV e AC.**

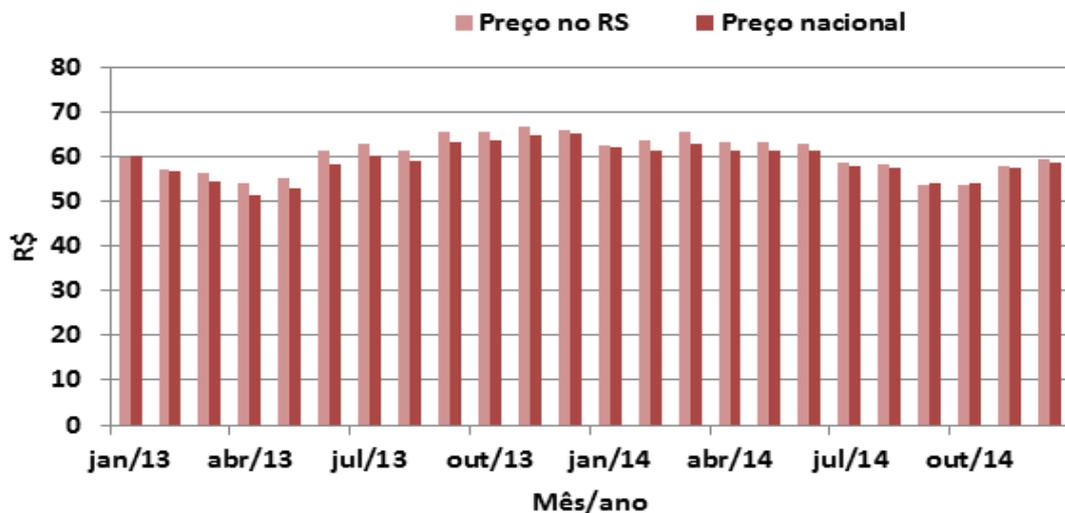
	Nº	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
<b>ATV Produtividade</b>	81	49	70	62,54	5,08
<b>AC Produtividade</b>	81	47	64	58,58	4,11
<b>ATV Custo</b>	81	R\$1320,00	R\$1685,00	R\$1578,38	73,35
<b>AC Custo</b>	81	R\$1240,00	R\$1630,00	R\$1493,56	76,49

Nota: Produtividade: sacas/ha. Custo: R\$/ha.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

O preço da saca da soja (60kg) oscilou pouco nos últimos dois anos (Figura 24). O valor máximo do preço no RS foi obtido no mês de novembro de 2013, chegando a R\$66,77 a saca. Já o preço máximo em nível nacional obteve o maior valor no mês de dezembro de 2013, chegando a R\$65,19 a saca.

**Figura 24 - : Histórico do preço da saca de soja (60 kg) no RS e no Brasil, nos anos de 2013 a 2014.**



Fonte: Elaborado pelo autor

O preço médio da saca de soja no RS, entre 2013 a 2014, foi de R\$60,57, com um desvio padrão de 4,14. Já o preço médio em nível nacional, durante o mesmo período, foi de R\$59,13, com um desvio padrão de 3,83. A diferença das médias foi de R\$1,44 (Tabela 18).

**Tabela 18 - Preço médio da saca de Soja (60 kg) no RS e no Brasil, nos anos de 2013 e 2014.**

	Nº	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
<b>Preço no RS</b>	24	53,65	66,77	60,57	4,14
<b>Preço no Brasil</b>	24	51,26	65,19	59,13	3,83

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Os preços mantiveram-se normais, segundo o teste de Watson, a um nível de erro de  $p < 0,05$  (Tabela 19). Isso é comprovado pelo baixo desvio padrão entre ambos os preços. Esses resultados comprovam que nos dois últimos anos, os valores da saca de soja não tiveram grandes oscilações, mantendo-se em um padrão. Sendo que a diferença entre o valor mínimo e máximo, para o preço no RS e no Brasil, foi de R\$13,12 e R\$13,93, respectivamente.

**Tabela 19 - Teste de normalidade para o preço médio da saca de soja no RS e no Brasil nos anos de 2013 e 2014.**

	Vcrit	Valor	Normal
<b>Preço no RS</b>	0.11363	0.06713	Sim
<b>Preço no Brasil</b>	0.11363	0.04589	Sim

Nota: Teste de Watson com um nível de erro de  $p < 0,05$

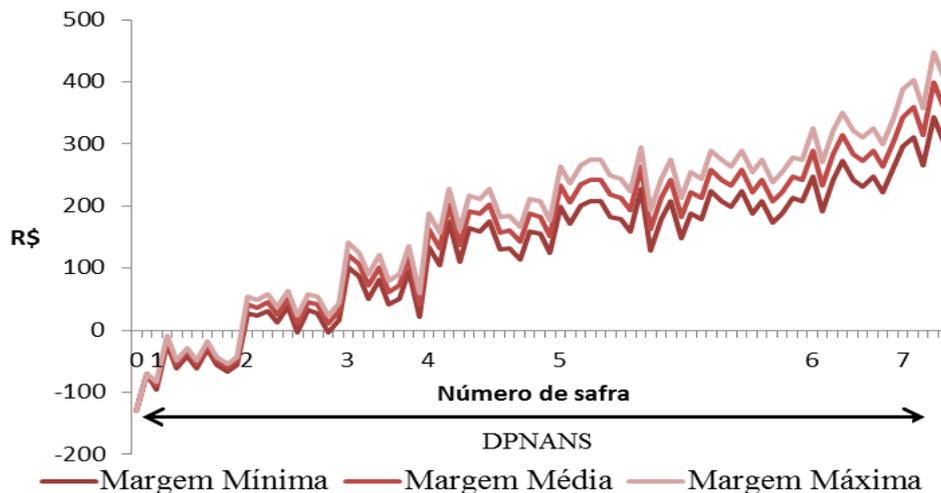
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Com o valor mínimo, médio e máximo do preço da saca da soja nos anos de 2013 e 2014, aliados com a diferença entre a produtividade e custo nas áreas de ATV e AC, efetuou-se a análise da eficiência econômica da ATV, ou seja, se o retorno econômico da tecnologia é superior ao custo da adoção. É possível verificar na Figura 25, que o retorno da ATV na primeira e segunda safra é negativo, mesmo que o preço da saca da soja esteja cotado no valor máximo. Em compensação, no momento que o produtor adota a ATV por três safras ou mais, o retorno vai aumentando, e passa a ser positivo, mesmo com a cotação do preço da soja estando no valor mínimo.

Considerando o capital, a terra, o trabalho e a capacidade empresarial fatores de produção fixos, e a tecnologia como fator de produção variável, a eficiência econômica é percebida pelos produtores ao longo da adoção da tecnologia. Desta forma, torna-se parâmetro para o produtor no momento de adotar a tecnologia, servindo de informação que o

custo da tecnologia nas primeira e segunda safra é superior ao retorno econômico gerado por ela.

**Figura 25 - Margem mínima, média e máxima de retorno econômico da ATV por número de safra que o produtor adota a ATV.**



Nota: DPNANS = Distância proporcional ao número de amostras por número de safras que o produtor adota a ATV.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Com a diferença de produtividade e de custo  $ha^{-1}$ , entre as áreas de ATV e AC, realizou-se a análise de variância para identificar a significância entre ambas as variáveis com o número de safras que o produtor adota a ATV (Tabela 20). Desta forma, é possível verificar que, tanto para a produtividade, quanto para o custo  $ha^{-1}$  entre ATV e AC houve diferenças significativas. Sendo assim, o número de safra que o produtor adota a ATV na cultura da soja, tem interferência com a diferença de produtividade e com o custo  $ha^{-1}$ .

**Tabela 20 - Análise de variância entre o número de safras que o produtor utiliza a ATV com a diferença da produtividade e do custo  $ha^{-1}$  entre a ATV e AC na cultura da soja.**

		ANOVA					
			GL	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	F	Sig.
Nº de safras	DIF	Entre Grupos	6	172,951	28,825	19,762	,000
	ATVxAC	Nos grupos	74	107,937	1,459		
	(sacas)	Total	80	280,889			
safras	DIF	Entre Grupos	6	10647,834	1774,639	3,243	,007
	ATVxAC	Nos grupos	74	40491,746	547,186		
	(R\$/ha)	Total	80	51139,580			

Nota: ANOVA significativa ao nível de  $p < 0,05$ .

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Com o teste de Scheffé, a um nível de significância de  $p < 0,05$ , formaram-se três grupos (Tabela 21). O primeiro grupo foi formado pelos produtores que utilizam a ATV por uma ou duas safras. O segundo grupo foi formado por produtores que utilizam a ATV por duas e três safras. Já o terceiro grupo foi formado pelos produtores que adotam a ATV de três a mais safras.

A partir da terceira safra, o incremento produtivo se torna constante, não havendo diferença significativa. Desta forma, a continuidade no uso da ATV proporcionará uma eficiência técnica, não percebida no curto prazo, mas sim no longo prazo, indo ao encontro da teoria da produção (PINHO & VASCONCELLOS, 2006). Além disso, os dados demonstram que, com a estimativa de incremento de produtividade média superior com a adoção da tecnologia de ATV, poder-se-ia apresentar um reflexo relevante para o aumento da produção de soja no RS, caso a tecnologia fosse adotada por mais produtores.

**Tabela 21 - Teste de média para formação de grupos homogêneos entre as diferenças de sacas/ha (ATV e AC) na cultura da soja pelo número de safras que o produtor adota a ATV.**

		<b>Diferença de sacas/ha entre ATV e AC</b>		
<b>Número de safras</b>	<b>Nº de produtores</b>	<b>Grupo para alfa = 0.05</b>		
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1	6	1,0000		
2	14	2,1429	2,1429	
3	20		3,5000	3,5000
4	23			5,0435
7	3			5,3333
6	5			5,4000
5	10			5,6000
<b>Sig.</b>		<b>0,775</b>	<b>0,601</b>	<b>0,105</b>

Nota: Valores médios de diferença de sacas/ha/número de safras. Teste de Scheffé a um nível de significância de  $p < 0,05$ .

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

A mesma análise foi realizada para a diferença do custo  $\text{ha}^{-1}$  entre ATV e AC, no qual se formaram dois grupos, sendo que o custo  $\text{ha}^{-1}$  da ATV a partir da sétima safra de adoção foi menor quando comparado com a primeira safra (Tabela 22). Sendo assim, a tecnologia de ATV não se apresenta apenas como a mais eficiente tecnicamente, mas como a mais eficiente economicamente, indo ao encontro de Robert (2002), no qual destaca que a AP oferece uma variedade de benefícios potenciais como a rentabilidade e a produtividade, sendo que este fato

é demonstrado quando o custo (R\$) da tecnologia ha<sup>-1</sup> é inferior ao ganho (R\$) gerado por ela, sendo este ganho perceptivo a partir da segunda safra de adoção (Figura 25).

**Tabela 22 - Teste de média para formação de grupos homogêneos entre as diferenças de custo ha<sup>-1</sup> (ATV e AC) na cultura da soja pelo número de safras que o produtor adota a ATV.**

<b>Diferença de custo (R\$/ha) entre ATV e AC</b>			
<b>Número de safras</b>	<b>Nº de produtores</b>	<b>Subconjunto para alfa = 0.05</b>	
		<b>1</b>	<b>2</b>
7	3	55,0000	
5	10	71,5000	71,5000
6	5	78,8000	78,8000
4	23	79,7826	79,7826
3	20	89,8000	89,8000
2	14	93,0000	93,0000
1	6		110,6667
<b>Sig.</b>		<b>0,160</b>	<b>0,134</b>

Nota: Valores médios de diferença do custo(R\$)/ha/número de safras .Teste de Scheffé a nível de p<0,05

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

#### 4.3.1 Simulação da produção de soja no RS com o uso da ATV

Com a finalidade de realizar uma simulação do impacto da ATV na produção de soja no RS, efetuou-se uma regressão entre a produtividade da AC e da ATV e outra entre os custos da AC e da ATV. Ambas as equações tiveram alto R<sup>2</sup>, sendo 0,881 e 0,891, para produtividade e custos, respectivamente (Tabela 23).

**Tabela 23 - Regressão entre ATV e AC na variável produtividade**

<b>Produtividade (sacas/ha)</b>	
<b>Equação</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
$y = 1,1613x - 5,4873$	0,881

Nota: Equação produtividade:  $x = \text{sacas/ha}$ ; Equação custo:  $x = \text{R\$/ha}$ .

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Além disso, para realizar a simulação futura da produção de soja com a adoção da ATV, foi analisada a participação do RS na produção nacional de soja. Na safra de 2011/2012 houve uma mínima participação do RS na produção nacional (9,83%), tendo como maior

participação à safra de 2006/2007 (17%). A média da participação do RS no cenário nacional ficou em 14,26%, com um desvio padrão de 2,01 (Tabela 24).

**Tabela 24 - Produção de Soja no Brasil e no RS, produção em sacas no RS e participação do RS na produção nacional nos anos de 2005 a 2014.**

Ano	Produção de Soja (mil tonelada)		Produção em sacas no RS	Participação do RS (%)
	Brasil	RS		
2005/06	55.027,1	7.776,1	129.601.666,7	14,13
2006/07	58.391,8	9.924,6	165.410.000,0	17,00
2007/08	60.017,7	7.775,4	129.590.000,0	12,96
2008/09	57.165,5	7.912,6	131.876.666,7	13,84
2009/10	68.688,2	10.218,8	170.313.333,3	14,88
2010/11	75.324,3	11.621,3	193.688.333,3	15,43
2011/12	66.383,0	6.526,6	108.776.666,7	9,83
2012/13	81.499,4	12.534,9	208.915.000,0	15,38
2013/14	86.120,8	12.867,7	214.461.666,7	14,94
<b>Média</b>	67.624,20	9.684,22	161.403.703,70	14,26
<b>Desvio Padrão</b>	11.223,73	2.311,67	38.527.801,94	2,01

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do MAPA (2013)

Os dados relativos à produção de soja (Brasil e RS), produção em sacas no RS e participação do RS no cenário nacional, foram testados por meio do teste de normalidade de Watson com um nível de erro de  $p < 0,05$ . Todos foram considerados com distribuição normal (Tabela 25).

**Tabela 25 - Teste de normalidade para a produção de soja do Brasil, do RS, produção em sacas no RS e participação do RS na produção nacional.**

	Vcrit	Valor	Normal
<b>Produção do Brasil</b>	0.10989	0.04911	Sim
<b>Produção do RS</b>	0.10989	0.05687	Sim
<b>Produção em Sacas no RS</b>	0.10989	0.05687	Sim
<b>Participação do RS na produção nacional</b>	0.10989	0.06774	Sim

Nota: Teste de Watson com um nível de erro de  $p < 0,05$

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Sendo normais os dados da participação do RS na produção de soja do Brasil nos últimos anos, e com os dados da projeção de soja no Brasil até 2023, segundo dados do MAPA (2013), efetuou-se a projeção da produção de soja para o RS para os respectivos anos,

com a taxa de participação de 14,26%. A produção de soja do RS aumentará nos próximos anos, mas a taxa de crescimento ano a ano oscilará entre 2014 a 2023 (Tabela 26). A menor taxa de crescimento anual, da projeção, estará entre as safras de 2014/15 e 2015/2016 (1,67%) e a maior entre as safras de 2015/16 e 2016/17 (2,52%).

**Tabela 26 - Projeção na produção de soja no Brasil e no RS e taxa de crescimento entre os anos, entre 2014 a 2023.**

Ano	Produção de soja (mil toneladas)		Produção em sacas no RS	TX* (%)
	Brasil	RS		
2014/15	84096	11992,1	199868160,0	-----
2015/16	85520	12195,2	203252533,3	1,67
2016/17	87731	12510,4	208507343,3	2,52
2017/18	89579	12774	212899423,3	2,06
2018/19	91548	13054,7	217579080,0	2,15
2019/20	93463	13327,8	222130396,7	2,05
2020/21	95396	13603,5	226724493,3	2,03
2021/22	97321	13878	231299576,7	1,98
2022/23	99248	14152,8	235879413,3	1,94

Nota: Taxa de crescimento entre anos

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do MAPA (2013)

Com estas informações, realizou-se novamente o teste de Watson para confirmar a normalidade dos dados (Tabela 27). Os dados referentes à projeção da produção nacional (Brasil) e do estado do RS tem distribuição normal.

**Tabela 27 - Teste de normalidade para as projeções da produção de soja do Brasil, do RS e produção em sacas no RS.**

	Vcrit	Valor	Normal
<b>Projeção da produção do Brasil</b>	0,10989	0,01877	Sim
<b>Projeção da produção do RS</b>	0,10989	0,01877	Sim
<b>Projeção de Sacas no RS</b>	0,10989	0,01877	Sim

Nota: Teste de Watson com um nível de erro de  $p < 0,05$

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

Com a projeção da produção de soja para o estado do RS nos próximos anos, efetuou-se, com base na equação de produtividade da Tabela 22, a projeção da produção de soja com a adoção da ATV. Desta forma, caso toda a área cultivada de soja no RS, fosse manejada com a tecnologia de ATV, projetar-se-ia um acréscimo na produção de soja do estado, na taxa de 13,88% (Tabela 28). Fiorin *et al.* (2011), em seu estudo sobre ATV, encontraram um

incremento médio de produtividade, entre áreas de ATV e AC, de 10,39%. De acordo com Tiftonell e Giller (2013), a AP remete a um aumento da eficiência do uso dos recursos, o que significa aumentar a produtividade por unidade de recursos investidos. Nos últimos anos, a produção de soja teve um aumento significativo, que poderia ter sido ainda maior caso existisse maior utilização de tecnologias como a ATV.

Sendo assim, a prática da ATV pode ser utilizada como uma forma de elevar os índices produtivos na cultura da soja. Segundo uma de suas definições, a AP consiste de um conjunto de princípios e tecnologias aplicados no manejo da variabilidade espacial e temporal associada à produção agrícola, objetivando aumentar a produtividade das culturas e a qualidade ambiental (PIERCE e NOWAK, 1999).

**Tabela 28 - Projeção da produção de soja no Brasil e no RS entre ATV e AC e a variação da produção entre ATV e AC nos anos de 2014 a 2023.**

Ano	AC		ATV		TX* (%)	Variação- ATV e AC (%)
	Sacas	Mil toneladas	Sacas	Mil toneladas		
2014/15	199868160,0	11992,09	232106888,72	13926,41	----	13,88
2015/16	203252533,3	12195,15	236037161,47	14162,23	1,69	13,88
2016/17	208507343,3	12510,44	242139572,33	14528,37	2,58	13,88
2017/18	212899423,3	12773,97	247240094,83	14834,41	2,10	13,88
2018/19	217579080,0	13054,74	252674580,12	15160,47	2,19	13,88
2019/20	222130396,7	13327,82	257960024,16	15477,60	2,09	13,88
2020/21	226724493,3	13603,47	263295148,62	15797,71	2,06	13,88
2021/22	231299576,7	13877,97	268608192,90	16116,49	2,01	13,88
2022/23	235879413,3	14152,76	273926757,22	16435,61	1,98	13,88

Nota: Taxa de crescimento entre ano.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de pesquisa.

A ATV trouxe alguns benefícios aos produtores, como a redução no uso de fertilizantes. Aproximadamente 66% dos produtores reduziram o uso de fertilizantes na taxa de 11 a 20%, sendo que todos adotavam a ferramenta por mais de quatro safras. Além disso, a média de produtividade da ATV foi superior a da AC, tendo uma diferença de 3,96 sacas/ha. A dispersão das amostras de produtividade foi baixa, tendo uma média de 62,54 sacas/ha para ATV e 58,58 sacas/ha para AC, com um desvio padrão de 5,08 e 4,11, para ATV e AC, respectivamente. Fiorin *et al.* (2011) encontrou incrementos de produtividade de 3,1 a 6 sacas/ha.

A diferença entre o custo  $\text{ha}^{-1}$  da ATV e AC foi de R\$84,83, sendo que o custo médio da ATV foi R\$1578,38  $\text{ha}^{-1}$  e da AC de R\$1493,56  $\text{ha}^{-1}$ . Werner (2007) encontrou uma diferença de R\$81,18  $\text{ha}^{-1}$  entre ATV e AC. A amplitude do custo da ATV foi de R\$365,00 e da AC de R\$390,00.

O preço da soja pouco oscilou nos anos de 2013 e 2014, tanto para o preço no RS, como para o preço nacional. O preço médio para o RS foi de R\$60,57, sendo o mínimo de R\$53,65 e o máximo de R\$66,77, com um desvio padrão de 4,14. O baixo desvio padrão confirma a hipótese de baixa oscilação do preço da soja, durante os 24 meses (2013 e 2014).

A ATV, além de confirmar a eficiência técnica, também confirma a eficiência econômica, quando analisado o retorno financeiro que a tecnologia proporciona. Para tanto, a eficiência econômica se comprova a partir da terceira safra de adoção. Sendo que, mesmo com o preço da saca em alta na primeira safra, o retorno é mínimo ou negativo. Com a sequência de adoção da tecnologia, a eficiência econômica é perceptível, mesmo com o preço da soja no mínimo.

A diferença de produtividade e de custo foi significativa, quando comparado com o número de safras que o produtor adota a ATV. Para a produtividade, formaram-se três grupos, sendo que a partir da terceira safra o incremento produtivo torna-se constante. No caso dos custos, formaram-se dois grupos, sendo que a diferença é significativa entre os produtores que adotam a ATV a uma safra, e aquele que adota a ATV a sete safras. Com a sequência do uso da ATV o seu custo  $\text{ha}^{-1}$  reduz.

O RS é o terceiro estado com maior produção de soja no Brasil. Sua participação média na produção nacional entre os anos de 2005 a 2014 foi de 14,26%, com um desvio padrão de 2,01, comprovando a pouca oscilação da participação do RS no cenário nacional. Existe a projeção de crescimento na produção de soja até 2023, com isso, respeitando a participação média do RS nos últimos anos, a produção do RS tende a aumentar também. Entre os anos de 2015 a 2023, há possibilidade de mínima oscilação na produção entre os anos, tendo uma mínima taxa de crescimento entre a safra de 2014/2015 e 2015/2016 com 1,67% e a máxima entre a safra de 2017/2018 e 2018/2019, com 2,15%.

Caso as áreas cultivadas de soja no RS fossem manejadas, em sua totalidade, com a ATV, haveria um crescimento maior na produção de soja no RS. A projeção da diferença entre a produção com AC e ATV seria de 13,88%, sendo que a taxa de crescimento de um ano para outro pouco oscilaria, variando de 1,69% a 2,58%.

Sendo assim, a partir da análise da eficiência técnica e econômica da ATV foi possível verificar que a tecnologia é estável ao longo do tempo e garante benefícios técnicos, como

incremento produtivo e uso racional de fertilizantes, além de econômico, no qual o custo da tecnologia passa a ser inferior ao ganho gerado por ela, isto ao passo que o produtor dê sequência na adoção. Mas mesmo que a ATV proporcione estes benefícios, o mesmo não deve ser adotado de forma isolada. Os avanços proporcionados pelo melhoramento genético, manejo técnico, e demais fatores agronômicos amplamente utilizados e aplicados na cultura da soja, devem ser adotados e conciliados com a ATV.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos desafios dos agentes atuantes no agronegócio é produzir alimentos com um menor impacto ambiental. Desta forma, o uso de tecnologias que possibilite o incremento da produção e otimização de insumos torna-se ferramenta aplicável na forma de manejo para produção agrícola.

Destaca-se o contexto agrícola em que a pesquisa foi realizada, no qual a caracterização da propriedade adotante da tecnologia foi precedida dos dados das últimas cinco safras, sendo estas em, 2009/2010; 2010/2011; 2011/2012; 2012/2013 e 2013/2014. Com base nestes dados, houve um aumento no uso da ATV e na área destinada para soja no RS. Sendo que a menor área cultivada com soja pelos adotantes foi de 50 ha em 2009/2010 e a maior área foi de 1100 ha em 2013/2014. Além disso, na safra de 2013/2014, todas as propriedades pesquisadas utilizaram a ATV. Este fato demonstra que os produtores estão percebendo os benefícios da tecnologia e, a partir disso, implementando a ferramenta na propriedade.

O tempo médio decorrido da adoção da ATV foi de 3,54 safras, sendo que a maior parte dos produtores, aproximadamente 29%, adota a tecnologia há quatro safras. A idade dos adotantes varia entre 22 e 61 anos, tendo uma média de aproximadamente 40 anos, com um desvio padrão de 9,85 anos. Os adotantes, em sua maioria, possuem apenas o ensino médio completo.

Além da tecnologia de ATV, outras técnicas de AP são realizadas na propriedade, como a amostragem de solo georreferenciada (92,60%), barra de luz (66,70%), piloto automático (42%), mapa de colheita (40,70%), sensoriamento remoto (23,50%) e semeadura a taxa variável (14,80%). Em relação às expectativas quanto à utilização de novas ferramentas de AP, aproximadamente 86% dos produtores possuem expectativas na adoção da semeadura à taxa variável, 66,67% em máquina e implementos com GPS e 65,43% em tecnologias de aplicação automática.

As principais dificuldades na adoção da ATV são os custos da tecnologia, a falta de pessoal qualificado, a falta de informação sobre a tecnologia de ATV e o custo elevado dos prestadores de serviços. A maior parte dos produtores (97,53%) afirmam que os benefícios da ATV são superiores aos custos da implementação.

Em relação às perspectivas dos benefícios da adoção da ATV na cultura da soja, antes e durante a implementação, algumas perspectivas não se confirmaram, como a redução dos custos de produção (-28,40%), tomada de decisão rápida e certa (-20,40%), maior produtividade da lavoura (-13,58%), melhoria do meio ambiente pelo menor uso de fertilizantes (-24,70) e uso racional de fertilizantes (-8,64%). Além disso, algumas perspectivas que não eram esperadas pelos produtores antes da adoção, se confirmaram durante a adoção, como o controle de toda situação da lavoura pelo uso da informação (9,87%), melhoria da qualidade do solo (23,46%) e priorização dos investimentos nas áreas em que o potencial de rendimento de grãos é maior (8,64%). Quanto maior o número de safras adotando a ATV, mais perceptivos são os benefícios da ferramenta. O que determinará o tempo de adoção desta tecnologia será a visualização dos benefícios gerada por ela.

Os principais limitantes para o crescimento da AP no Brasil, segundo os atores-chave, são: a falta de mão de obra, a falta de conhecimento em relação à tecnologia, a falta de qualificação e capacitação do profissional e a falta de informação. Já os principais benefícios da tecnologia são (em ordem): a maximização de resultados, a redução de custos, a capacidade operacional, a redução de insumos, o aumento de produtividade, a profissionalização da gestão, o retorno financeiro, a eficiência, maior conhecimento da área, maior lucratividade, a redução do impacto ambiental, a rentabilidade, o gerenciamento confiável da lavoura, maior informação e otimização de máquinas.

Tanto os produtores rurais, quanto os atores chave, destacam a falta de mão de obra qualificada e a falta de informação/conhecimento sobre a ferramenta de AP, como limitantes para o crescimento da tecnologia no Brasil. Já em relação aos benefícios, as informações compartilhadas foram: o uso racional de insumos, o aumento produtivo e a facilidade na tomada de decisão pelo uso da informação.

O impacto ambiental na agricultura varia de acordo com as práticas agrícolas empregadas no sistema de produção. O uso superestimado de fertilizantes agrícolas tende a maximizar este impacto. Como forma de mitigar este efeito, a ATV surge como uma ferramenta de auxílio na aplicação racional de fertilizantes agrícolas. Aproximadamente 82% dos produtores obtiveram redução no uso de fertilizantes com a adoção da ATV quando comparado com a AC, sendo que 16,05% obtiveram uma redução de menos de 10% e 65,43% obtiveram uma redução entre 11 a 20%. O número de safras adotando a tecnologia e a quantidade de redução no uso de fertilizante apresenta forte correlação (0,745). Produtores que adotam a ATV por até duas safras obtiveram redução no uso de fertilizantes na taxa de até 10%. Os que adotam por três a sete safras obtiveram redução entre 11 a 20%. A redução do

impacto ambiental relacionado ao menor índice de uso dos fertilizantes nas áreas de ATV remete a uma interferência positiva sobre a gestão dos recursos naturais.

O custo médio da área de ATV e AC são de R\$1578,38 ha<sup>-1</sup> e R\$1493,56 ha<sup>-1</sup> respectivamente, tendo uma diferença de R\$84,83. A produtividade média nas áreas de ATV e AC foram, respectivamente, de 62,54 e 58,58 sacas/ha, com uma diferença de 3,96 sacas. O preço médio da saca de soja no RS, nos anos de 2013 e 2014 foi de R\$60,57. A eficiência econômica da ATV acontece a partir da terceira safra de adoção. O número de safras de adoção da ATV está relacionado com o incremento produtivo da tecnologia, bem como, com o custo da ATV. A partir da terceira safra de adoção da ATV o incremento produtivo da tecnologia é constante. Já em relação ao custo, a partir da segunda safra de adoção o custo é inferior à primeira safra, permanecendo constante.

A correlação entre a produtividade de soja em áreas de ATV e AC é de 88,10%. A participação do RS, na produção nacional de soja, é de 14,26%, com desvio padrão de 2,01. A taxa de crescimento mínima anual da projeção de soja no RS, entre os anos de 2014 a 2023, no sistema AC é de 1,67% e de máxima de 2,52%. Já para o sistema de ATV a mínima é de 1,69% e a máxima de 2,58%. A produção de soja estimulada com a utilização da ATV é 13,88% superior ao sistema de AC.

A utilização da técnica de ATV pode ser difundida como uma alternativa para aumentar a produção de alimentos, tomando por base as estimativas de maiores médias de produtividade na cultura da soja, quando comparada a AC. A intensificação agrícola e a otimização do uso do solo são obrigações que necessitam maior elucidação na produção de alimentos, onde os setores produtivos venham a utilizar as tecnologias agrícolas de forma equitativa sobre as questões produtivas e ambientais. Sendo que um dos desafios dos agentes atuantes no agronegócio é o produzir alimentos em níveis de quantidade e qualidade para atender a crescente demanda mundial com total economia e otimização da utilização do solo. Desta forma, o uso de tecnologias que possibilite o incremento da produção em uma mesma área, torna-se ferramenta aplicável na forma de manejo para produção agrícola.

Por fim, o estudo demonstra que a ATV possibilita uma eficiência técnica, por meio da redução do uso de fertilizantes e aumento produtivo, e uma eficiência econômica, por meio do retorno econômico superior ao custo da tecnologia. É preciso considerar que faltam dados consolidados sobre a AP (consequentemente ATV), seja por órgãos estatais ou organizações ligadas aos produtores rurais e/ou indústria. Os resultados servem para o caso estudado, mas permite interpretações para o conjunto de produtores no RS. Sugere-se que o estudo seja replicado para outros casos, realidade e espaços.

## REFERÊNCIAS

AMADO, T. J. et al. Projeto Aquarius-Cotrijal: pólo de agricultura de precisão. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.91, p.10, 2006.

ANCEV, T.; WHELAN, B.; MCBRATNEY, A. Evaluating the benefits from precision agriculture: the economics of meeting traceability requirements and environmental targets. In: **PRECISION agriculture'05**. Wageningen: Academic Publishers, 2005. p. 985-992. (Papers presented at the 5th European Conference on Precision Agriculture, Uppsala, Sweden).

ANSEMI, A. A. **Adoção da agricultura de precisão no Rio Grande do Sul**. 2012. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

ANTLE, J. M. et al. Technological innovation, agricultural productivity, and environmental quality. **Agricultural and environmental resource economics**, New York, USA, v.2, n3 p. 175-220, 1993. ISSN 0195076516.

ANTONIALI, L. M.; GALAN, V. B. Evolução tecnológica e competitividade de uma pequena empresa rural que atua em pecuária leiteira. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, p. 129-150, v. 9, n. 1, 2011. ISSN 2238-6890.

ANTUNES, L. M.; ENGEL, A. **Manual de administração rural: custos de produção**. Guaíba-RS: Agropecuária, 1999. ISBN 8585347066.

ARBAGE, A. P. **Fundamentos de economia rural**. Chapecó-SC: Argos, 2006. ISBN 8598981362.

BATALHA, M. O.; BUAINAIN, A. M.; SOUZA FILHO, H. D. Tecnologia de gestão e agricultura familiar. In: BATALHA, M. O; SOUZA FILHO, H.M. (Org). **Gestão Integrada da Agricultura Familiar**. São Carlos: EdUFSCar, 2005.

BATEMAN, D. I.; EDWARDS, J. R.; LEVAY, C. Agricultural cooperatives and the theory of the firm. **Oxford Agrarian Studies**, Oxford, v. 8, p. 63-81, 1979.

BATCHELOR, B. **Precision agriculture: introduction to precision agriculture**. Iowa: Iowa State University, University Extension, 1997.

BATTE, M. T.; ARNHOLT, M. W. Precision farming adoption and use in Ohio: case studies of six leading-edge adopters. **Computers and Electronics in Agriculture**, Suíça, v. 38, n. 2, p. 125-139, 2003. ISSN 0168-1699.

BARRY, P. J. Where next for agribusiness research and education? An organizational economics perspective. **American Journal of Agricultural Economics**, USA, v. 81, n. 5, p. 1061-1065, 1999. ISSN 0002-9092.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cadeia produtiva da soja**. Brasília: IICA: MAPA/SPA, 2007. (Série Agronegócio, v.2).

BERNARDI, A. D. C.; FRAGALLE, E.; INAMASU, R. Inovação tecnológica em Agricultura de precisão. In: AGRICULTURA de precisão: um novo olhar. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2012. p.297-302.

BERRY, J. K. et al. Precision conservation for environmental sustainability. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, USA, v. 58, n. 6, p. 332-339, Nov-Dec 2003. ISSN 0022-4561.

BESANKO, D. et al. **A economia da estratégia**. Porto Alegre-RS: Bookman, 2007. ISBN 8577801292.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Vegetal: Soja**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>> Acesso em: 5 de jan. de 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeção do Agronegócio: Soja**. Disponível em: < [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/projecoes%20-%20versao%20atualizada.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/projecoes%20-%20versao%20atualizada.pdf)> 2013. Acesso em: 10 de nov. de 2014.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Sistema ALICE-Web: **Exportações 2010**. Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>>. Acesso em: 20 jan. 2014

CAMPO, P. D. **Agricultura de precisão: inovações do campo**. Piracicaba, 2000. Disponível em: <[www1.portaldocampo.com.br/inovacoes/agric\\_precisao](http://www1.portaldocampo.com.br/inovacoes/agric_precisao)>. Acesso em: 12 nov 2014.

CARVALHO JUNIOR, L.C. de. **Desenvolvimento econômico**. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, 2011. 114p.

CARVALHO, L. C. P. D. **Teoria da firma: a produção e a firma**. São Paulo: USP, 1998. p.180.

CAVALCANTI, M.; GOMES, E. A sociedade do conhecimento ea política industrial brasileira. O futuro da indústria—oportunidades e desafios: a reflexão da Universidade. Brasília, DF: MDIC: IEL, 2001. p. 245-268,.

CEPEA/USP/CNA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada/ Universidade de São Paulo. **PIB Agro CEPEA-USP/CNA**. Disponível em: < <http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/>>. Acesso em: 25 jan. 2014.

COELHO, A. M. Agricultura de Precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e culturas. **Agricultura**, Sete Lagoas-MG, v. 1518, n. 4277, p. 46, 2005.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Custos de produção: Culturas de Verão - Série Histórica**. 2013. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?t=2&a=1252&filtrar=1&f=1&p=115&e=0&d=0&m=0&s=0&ac=0&tps=0&lvs=0&l=0&ed=0&i=>> . Acesso em: 14 de jan. 2015.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Projeção. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/Projecoes%20do%20Agronegocio%20Brasil%202011-20012%20a%202021-2022%20%282%29%281%29.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/Projecoes%20do%20Agronegocio%20Brasil%202011-20012%20a%202021-2022%20%282%29%281%29.pdf)> 2013. Acesso em: 14 jan. 2015.

COSTA, J.A. **Cultura da soja**. Porto Alegre: I Mânica, J.A. Costa, 1996.

DABERKOW, S. G.; MCBRIDE, W. D. Information And The Adoption Of Precision Farming. In: 2001 Annual meeting, August 5-8, Chicago, IL, 2001, Abstract Chicago, IL 2001. **American Agricultural Economics Association** (New Name 2008: Agricultural and Applied Economics Association).

DE CAMARGOS, M. A.; COUTINHO, E. S. A Teoria da Firma ea Fundamentação Teórica para Fusões e Aquisições: uma Análise de suas Interfaces. **RAC-Eletrônica**, v. 2, n. 2, 2008. ISSN 1981-5700. Disponível em: <[http://www.anpad.org.br/periodicos/arq\\_pdf/a\\_738.pdf](http://www.anpad.org.br/periodicos/arq_pdf/a_738.pdf)> Acesso em: 18 jan. 2015.

DELLAMEA, R. B. C. **Eficiência da Adubação a Taxa Variável em Áreas Manejadas com Agricultura de Precisão no Rio Grande do Sul**. 2008. 162 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

DOSI, G.; GRAZZI, M. Technologies as problem-solving procedures and technologies as input-output relations: some perspectives on the theory of production. **Industrial and Corporate Change**, Oxford, v. 15, n. 1, p. 173-202, Feb 2006. ISSN 0960-6491.

DOWNEY, L.; DOHERTY, M. L.; PURVIS, G. Building a Sustainably Competitive Agriculture and Rural Economy: Harnessing Existing Knowledge. **Cattle Practice**, England, v. 16, p. 72-79, Nov 2008. ISSN 0969-1251.

ENGEL, B.; GAULTNEY, L. **Environmentally sound agricultural production systems through site-specific farming**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1990.

EKELAND, I.; GUESNERIE, R. The geometry of global production and factor price equalisation. **Journal of Mathematical Economics**, Switzerland, v. 46, n. 5, p. 666-690, Sep 2010. ISSN 0304-4068.

FAO. **Precision agriculture: crop monitoring and automation**. Disponível em: <<http://www.fao.org/publications/en/>> . Acesso em: 12 dez. 2014

FAO. **Farmers now using Satellites for Ease and Precision**. Disponível em: <<http://precisionagricultu.re/tag/fao/>>. Acesso em: 12 dez. 2014

FGV. **Agrobrasileiro: um novo protagonismo global**. Disponível em: <[http://gvagro.fgv.br/sites/gvagro.fgv.br/files/file/11\\_2011%20-%20AGROBRASILEIRO%20UM%20NOVO%20PROTAGONISMO%20GLOBAL%20-%20REVISTA%20FGV.pdf](http://gvagro.fgv.br/sites/gvagro.fgv.br/files/file/11_2011%20-%20AGROBRASILEIRO%20UM%20NOVO%20PROTAGONISMO%20GLOBAL%20-%20REVISTA%20FGV.pdf)> . Acesso em: 10 de dez. 2014

FIORIN, J. E. et al. Viabilidade Técnica e Econômica da Agricultura de Precisão no Sistema Cooperativo do Rio Grande do Sul. In: SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 16., 2011, Cruz Alta. **Anais**. Cruz Alta, 2011.

FOCHT, D.; ROLOFF, G.; SCHIEBELBEIN, L. Benefícios agronômicos, ambientais e monetários do uso da agricultura de precisão em diferentes cenários brasileiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, Piracicaba, 2004. **Anais**. Piracicaba, 2004.

FOLEY, J. A. et al. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, London, v. 478, n. 7369, p. 337-342, Oct 2011. ISSN 0028-0836.

FOUNTAS, S.; PEDERSEN, S. M.; BLACKMORE, S. ICT in Precision Agriculture—diffusion of technology. In: ICT in agriculture: perspective of technological innovation. 2005. p.15.

FONSECA, J. J. S. D. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. p. 65-75.

GALVÃO, O. J. Globalization and changes in the spatial configuration of the world economy: an overview of the last decades. **Revista de Economia Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 61-97, 2007. ISSN 1415-9848.

GENTIL, L.; FERREIRA, S. Agricultura de precisão: Prepare-se para o futuro, mas com os pés no chão. **Revista A Granja**, Porto Alegre, n. 610, p.12-17, 1999.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: ATLAS, 2002. 61p.

GOERING, C. Recycling a concept. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering**, Jaboticabal, v. 74, n. 6, p. 25-25, 1993. ISSN 0002-1458.

HAMMOND, M. Comparison of phosphorus and potassium utilization with conventional and variable fertility management. **Better Crops With Plant Food**, Washington, p. 22-23, 1994.

HEDLEY, C. The role of precision agriculture for improved nutrient management on farms. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 95, n. 1, p. 12-19, Jan 2015. ISSN 0022-5142.

HOFFMANN, R.; NEY, M. G. Desigualdade, escolaridade e rendimentos na agricultura, indústria e serviços, de 1992 a 2002. **Economia e Sociedade**, Campinas v. 13, n. 2, p. 51, 2004. ISSN 0104-0618.

IBGE. **Estatística da Produção Agrícola**. 2011. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2011/default\\_sintese.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2011/default_sintese.shtm)> . Acesso em: 28 dez. 2014

IBGE. **Estatística da Produção Agrícola**. 2013. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr\\_201309.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr_201309.pdf)> . Acesso em: 28 dez. 2014

INAMASU, R. et al. **Agricultura de Precisão para a sustentabilidade de sistemas produtivos do agronegócio brasileiro.** 2012. Disponível em: <<http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/gestaomacroprograma1/projetos/projetos-em-execucao/agricultura-de-precisao-para-a-sustentabilidade-de-sistemas-produtivos-do-agronegocio-brasileiro-ricardo-yassushi-inamasu-embrapa-instrumentacao-agropecuaria>>. Acesso em: 14 jan. 2014

JANK, M. S.; NASSAR, A. M.; TACHINARDI, M. H. Agronegócio e comércio exterior brasileiro. **Revista USP**, [São Paulo], n. 64, p. 14-27, 2005. ISSN 2316-9036.

JENRICH, M. Potential of precision conservation agriculture as a means of increasing productivity and incomes for smallholder farmers. **Journal of Soil and Water Conservation**, USA, v. 66, n. 6, p. 171A-174A, Nov-Dec 2011. ISSN 0022-4561..

JOHNSTON, A. E. The importance of fertilizers in plant nutrient management. In: **NUTRIENT Management for Sustainable Crop Production in Asia.** Oxon: CAB International, 1998. p. 35-50

KITCHEN, N. et al. Educational needs of precision agriculture. **Precision Agriculture**, USA, v. 3, n. 4, p. 341-351, 2002. ISSN 1385-2256.

LAMBERT, D.; LOWENBERG-DE BOER, J. **Precision agriculture profitability review.** Purdue: Purdue University, 2000.

LARSON, W. et al. Potential of site-specific management for nonpoint environmental protection. In: **THE STATE of site specific management for agriculture.** Madison: ASA/SSSA 1997. p. 337-367

LOURENÇO, C.; LIMA, B. Evolução do agronegócio brasileiro, desafios e perspectivas. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, [S.l.], v. 118, 2009.

LOWENBERG-DEBOER, J. **Economics of precision farming: payoff in the future.** Purdue: Purdue University, 1996.

LOWENBERG-DEBOER, J., SWINTON, S. M. **Economics of site-specific management in agronomic crops.** W. Lafayette: Purdue University, 1995. 25 p.

MANZATTO, C.; BHERING, S.; SIMÕES, M. **Agricultura de precisão: propostas e ações da Embrapa solos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999.

MARASCHIN, L.; SCARAMUZZA, J.; COUTO, E. Estudo e Aplicação de Calagem e de Fosfato em Taxa Variável em uma Área da Fazenda Pejuçara, Sorriso-MT. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO**, 2., 2002, Viçosa. **Anais.** Viçosa, 2002. v. 1, p.15-25.

MARSHALL, A. **Principles of economics: an introductory.** Nueva York: Macmillan, 1920. p.871.

MEIRELLES, D. S. The concept of service. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 119-136, 2006. ISSN 0101-3157.

- MOCHÓN, F.; TROSTER, R. L. **Introdução à Economia**. São Paulo: Makron Books 1999.
- MOLIN, J. P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. **Engenharia Agrícola**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 83-92, 2002.
- MOLIN, J. Agricultura de precisão: situação atual e perspectivas. In: MILHO: Estratégias de manejo para alta produtividade. Piracicaba, 2003. p. 89-98.
- MOLIN, J. P. Tendências da agricultura de precisão no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, Piracicaba, 2004.[Anais] Piracicaba, 2004.
- MUELLER, N. D. et al. Closing yield gaps through nutrient and water management (vol 490, pg 254, 2012). **Nature**, London, v. 494, n. 7437, p. 390-390, Feb 2013. ISSN 0028-0836.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Precision Agriculture in the 21st Century: Geospatial and Information Technologies in Crop Management**. Washington: National Academy Press, 1997.
- NEVES, M.F. Agribusiness: conceitos, tendências e desafios. In: CICLO DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS AGROINDUSTRIAIS, 2., 1995, Pirassununga. **Anais**. Pirassununga : FZEA/USP, 1995.
- NEVES, M. F.; ZYLBERSZTAJN, D.; NEVES, E. M. **Agronegócio do Brasil**. São Paulo: Saraiva, 2005.
- NORONHA, J. F. et al. **Teoria da produção aplicada à análise econômica de experimentos**: planejamento da propriedade agrícola: modelos de decisão. Brasília: Embrapa DDT, 1984. p. 23-65.
- ORIADE, C. et al. Precision farming as a risk reducing tool: a whole-farm investigation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 5<sup>th</sup>, 2000, Bloomington, Minnesota, USA, 16-19 July. **Proceedings of the...** Bloomington, Minnesota: American Society of Agronomy, 2000. p.1-9.
- PENG, S. X.; HU, X. L. Study on Agricultural Technology Innovation Mode Based on the Demand and Supply Linkage. **Proceedings of the 2012 International Conference on Management Innovation and Public Policy (Icmipp 2012)**, v. 1-6, p. 3486-3490, 2012.
- PENROSE, E. T. **A teoria do crescimento da firma**. Campinas: Editora Unicamp, 2006. ISBN 8526807137.
- PEREIRA, K. **Produção de alimentos**: desafio e perspectiva sistêmica. 2010.
- PIERPAOLI, E. et al. Drivers of Precision Agriculture Technologies Adoption: A Literature Review. **Procedia Technology**, [S.l.], v. 8, p. 61-69, 2013. ISSN 2212-0173.
- PIERCE, F. J.; NOWAK, P. Aspects of precision agriculture. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 67, p. 1-85, 1999. ISSN 0065-2113.

- PINDYCK, R.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. 5ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- PINHO, D. B.; VASCONCELLOS, M. A. S. D. **Manual de introdução à economia**. São Paulo: Saraiva, 2006.
- PIRES, J. L. F. et al. **Discutindo agricultura de precisão-aspectos gerais**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004.
- PIZZOLATTI, I. J. **Visão e conceitos de agribusiness**. Monografia (Graduação). Curso de Agribusiness, UNESCO, 2004.
- REUTER, H. I.; KERSEBAUM, K. C. Applications in precision agriculture. In: GEOMORPHOMETRY concepts, software, applications. [Amsterdam]: Elsevier 2009. p.623-636 (Developments in Soil Science, v. 33)
- ROBERT, P. C. Precision agriculture: a challenge for crop nutrition management. **Plant and Soil**, Hague, v. 247, n. 1, p. 143-149, Nov 2002. ISSN 0032-079X.
- ROGERS, E. M. Elements of diffusion. **Diffusion of innovations**, [S.l.], v. 5, p. 1-38, 2003.
- SAMUELSON, P. A.; NORDHAUS, W. D. **Economía**. Nova York: McGraw Hill Brasil, 2012. ISBN 8580551056.
- SANTI, A. L.; BASSO, C. J.; CHERUBIN, M. R. Mapear a colheita de grãos é uma forma de conhecer e gerenciar a lavoura. **Revista Campo & Negócios**, Uberlândia, Ano VIII, n.96, p. 26-27, fev. 2011.
- SAPKOTA, T. B. et al. Precision nutrient management in conservation agriculture based wheat production of Northwest India: Profitability, nutrient use efficiency and environmental footprint. **Field Crops Research**, Netherlands, v. 155, p. 233-244, Jan 2014. ISSN 0378-4290.
- SCHULTZ, T. W. **A transformação da agricultura tradicional**. Rio de Janeiro: Zahar, 1965.
- SCOTT, M. F. **A new view of economic growth**. Clarendon: Press Oxford, 1989. ISBN 0198286740.
- SILVA, C. B. **Viabilidade econômica do uso da agricultura de precisão: um estudo de caso**. 2005. 87 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2005.
- SILVA, C. B. et al. The economic feasibility of precision agriculture in Mato Grosso do Sul State, Brazil: a case study. **Precision Agriculture, USA**, v. 8, n. 6, p. 255-265, Dec 2007. ISSN 1385-2256.
- SILVA, C. R. L. D.; SINCLAYR, L. **Economia e Mercado**. [São Paulo]: Editora Saraiva, 1990.

SILVA, S. A. F. da; SILVA, R. J. M. da. Agricultura de Precisão – Análise Espacial Comparativa da Produtividade do Milho, para Diferentes Rampas Rotativas na Herdade do Cego. In: ENCONTRO DE UTILIZADORES DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA, 8., 2004, Portugal. **Comunicações...** Évora, Portugal, 2004.

SWINTON, S. M.; LOWENBERG-DEBOER, J. **Global adoption of precision agriculture technologies: Who, when and why.** 2001. (Proceedings of the 3rd European Conference on Precision Agriculture, 2001). p.557-562.

SPORLEDER, T. L. Managerial economics of vertically coordinated agricultural firms. **American Journal of Agricultural Economics**, Iowa, v. 74, n. 5, p. 1226-1231, Dec 1992. ISSN 0002-9092.

TEY, Y. S.; BRINDAL, M. Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications. **Precision Agriculture**, USA, v. 13, n. 6, p. 713-730, 2012. ISSN 1385-2256.

TIGRE, P. B. Inovação e teorias da firma em três paradigmas. **Revista de economia contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 3, p. 67-111, 1998.

TITTONELL, P.; GILLER, K. E. When yield gaps are poverty traps: The paradigm of ecological intensification in African smallholder agriculture. **Field Crops Research**, Netherlands, v. 143, p. 76-90, Mar 2013. ISSN 0378-4290.

TOZER, P. R. Uncertainty and investment in precision agriculture - Is it worth the money? **Agricultural Systems**, England, v. 100, n. 1-3, p. 80-87, Apr 2009. ISSN 0308-521X.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais:** a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987. ISBN 8522402736.

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M. F. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 159-163, 2002. ISSN 0103-8478.

VANDENHEUVEL, R. M. The promise of precision agriculture. **Journal of Soil and Water Conservation**, USA, v. 51, n. 1, p. 38-40, Jan-Feb 1996. ISSN 0022-4561.

VARIAN, H. **Microeconomia:** uma abordagem moderna. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

VASCONCELLOS, M. A. D. S.; PINHO, D. B. **Manual de economia.** 5ª ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2002.

VASCONCELLOS, M. A. S.; GARCIA, M. E. **Fundamentos de economia.** São Paulo: Saraiva, 2004. v. 2.

WALKER, P. The (non)theory of the knowledge firm. **Scottish Journal of Political Economy**, USA, v. 57, n. 1, p. 1-32, Feb 2010. ISSN 0036-9292.

WANDER, A. et al. **Organização e gestão da unidade produtiva.** 2007. Disponível em:<[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/ovinos\\_de\\_corte/arvore/CONT000fwf8r72302wyiv807fiqu9a5u410t.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/ovinos_de_corte/arvore/CONT000fwf8r72302wyiv807fiqu9a5u410t.html)>. Acesso em: 12 jan. 2015.

WATCHARAANANTAPONG, P. et al. Timing of precision agriculture technology adoption in US cotton production. **Precision Agriculture**, USA, v. 15, n. 4, p. 427-446, Aug 2014.

WERNER, V. **Análise econômica e experiência comparativa entre agricultura de precisão e tradicional**. 2007. 134p. 2007. Tese (Doutorado em Mecanização Agrícola) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2007.

WHITNEY, R. W. et al. **Influence of variable rate system design on gross economic return**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers. 1995. 19p.

ZARDO, K. **Viticultura de precisão aplicada a produção e qualidade de uva Pinot noir no Rio Grande do Sul**. 2009. 98 p. (Dissertação de Mestrado) - Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Santa Maria-RS, 2009.

ZHANG, C. H.; KOVACS, J. M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. **Precision Agriculture**, USA, v. 13, n. 6, p. 693-712, Dec 2012. ISSN 1385-2256.

ZYLBERSZTAJN, D. Agribusiness: conceito, dimensões e tendências. **Políticas agrícolas e comércio mundial**. Brasília: IPEA, 1994. p. 351-379.

ZHANG, N.; WANG, M.; WANG, N. Precision agriculturev a worldwide overview. **Computers and electronics in agriculture**, England, v. 36, n. 2, p. 113-132, 2002. ISSN 0168-1699.

ZHU, Z.; JIN, J. Fertilizer use and food security in China. **Plant Nutrition and Fertilizer Science**, China, v. 19, p. 259-273, 2013.

# APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS PRODUTORES RURAIS.

## Prezado Produtor Rural

Meu nome é Felipe Dalzotto Artuzo e sou estudante do curso de mestrado em Agronegócios da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Suas respostas serão utilizadas para compreender os impactos da adoção da agricultura de precisão a taxa variável no uso de fertilizantes (ATV) na cultura da soja no estado do Rio Grande do Sul. O questionário é anônimo! Peço sua gentileza para responder este questionário, o que levará aproximadamente 20 minutos. Se o Senhor conhece alguém que utiliza à ATV na cultura da soja, por favor, encaminhe esse e-mail para que eles também respondam o questionário. Você apenas deverá responder este questionário se utiliza ATV na cultura da soja. Se o Senhor tiver alguma dúvida ou desejar entrar em contato, estou à disposição no telefone: (54) 99963156 ou por e-mail: felipeartuzo1@hotmail.com

**1- Cidade:** \_\_\_\_\_

**2- Idade:** \_\_\_\_\_

### **3 -Escolaridade**

- ( ) sem escolaridade
- ( ) ensino fundamental (1º grau) incompleto
- ( ) ensino fundamental (1º grau) completo
- ( ) ensino médio (2º grau) incompleto
- ( ) ensino médio (2º grau) completo
- ( ) superior incompleto
- ( ) superior completo
- ( ) mestrado ou doutorado

### **4- Área (ha) cultivada de Soja na propriedade?**

Complete com os dados disponíveis na propriedade. Caso não tiver dados de todas as safras, complete com a que tiver.

Safra 2013/2014: \_\_\_\_\_

Safra 2012/2013: \_\_\_\_\_

Safra 2011/2012: \_\_\_\_\_

Safra 2010/2011: \_\_\_\_\_

Safra 2009/2010: \_\_\_\_\_

### **5- Quais as técnicas de Agricultura de Precisão são utilizadas na propriedade na cultura da soja?**

Assinale quantos forem necessários

- ( ) Amostragem de solo georreferenciada;
- ( ) Aplicação de fertilizantes em taxa variável;

- Barra de luz;
- Piloto automático;
- Mapa de colheita;
- Sensoriamento remoto;
- Semeadura em taxa variada;

**6- Área destinada à agricultura de precisão a taxa variável (aplicação de fertilizantes) na cultura da Soja?**

Complete com os dados disponíveis na propriedade. Caso não tiver dados de todas as safras, complete com a que tiver.

Safra 2013/2014: \_\_\_\_\_

Safra 2012/2013: \_\_\_\_\_

Safra 2011/2012: \_\_\_\_\_

Safra 2010/2011: \_\_\_\_\_

Safra 2009/2010: \_\_\_\_\_

**7- Há quanto tempo iniciou o trabalho de agricultura de precisão a taxa variável (aplicação de fertilizantes) na cultura da soja em sua propriedade?**

- 1 safra
- 2 safras
- 3 safras
- 4 safras
- 5 safras
- 6 safras
- 7 safras ou mais

**8- Se o uso da agricultura de precisão a taxa variável tem reduzido o seu custo de produção na cultura da soja, assinale a porcentagem de redução.**

Assinale dentre as alternativas a seguir, qual a porcentagem de redução no custo de produção com o uso da ATV, segundo os dados da propriedade.

	Menos que 10%	11 a 20%	21 a 30%	mais que 31%	Não sei	Não houve redução
Aplicação de fertilizantes						

**9- Com o uso da ATV você tem notado incremento de produtividade da cultura da soja ao longo dos anos de uso desta tecnologia?**

Marque a alternativa que mais se aproxima dos resultados médios de sua(s) propriedade(s).

- Não houve ouve incremento na produtividade
- inferior a 5% de incremento na produtividade
- entre 6 a 10% de incremento na produtividade
- entre 11 a 15% de incremento na produtividade
- entre 16 a 20% de incremento na produtividade
- acima de 20% de incremento na produtividade

**10- Dentre as tecnologias de agricultura de precisão, quais você pensa utilizar no futuro na sua propriedade?**

- Semeadura a taxa variável;
- Sensores para aplicação à taxa variável de fertilizantes, incluindo formulações;
- Máquinas e implementos equipados com GPS para aplicação de precisão;
- Aumento nas tecnologias de aplicação automáticas;

- ( ) Análise de dados provenientes de diferentes bases para interpretação integrada;  
 ( ) Novas ferramentas de recomendação de fertilizantes e corretivos a taxa variável levando em consideração amostragens estratificadas de solo;  
 ( ) Outras tecnologias (nanotecnologia, irrigação de precisão etc)

**11- Quanto às dificuldades do uso da agricultura de precisão, marque as frases abaixo conforme:**

Escala de 1 a 5, onde 1= discordo muito e 5=concordo muito.

Problemas	Nível de concordância				
	1	2	3	4	5
Custos das tecnologias de ATV					
Falta de financiamento					
Falta de pessoal qualificado					
Falta de informação sobre a tecnologia de ATV					
Falta de prestadores de serviços					
Custo elevado dos prestadores de serviço					
Dificuldade operacional (a maioria das ferramentas está dimensionada para grandes áreas)					
Falta de recurso para adquirir um sistema completo de AP					
Nem sempre o sistema gera lucro					

**12- Em sua opinião, quais seriam as barreiras para o crescimento da utilização da ATV na sua região?**

Escala de 1 a 5, onde 1= discordo muito e 5=concordo muito.

	1	2	3	4	5
Os custos da ATV são maiores que os benefícios gerados pela tecnologia.					
Os prestadores de serviços de ATV exigem um número mínimo de ha para atender o produtor.					
Qualidade do solo na área limita a rentabilidade da AP					
Topografia do terreno impede uso					
Demora entre a coleta das amostras de solo até a geração dos mapas					
Consigo observar os benefícios da ATV no meu negócio					
Valores cobrados não são excessivos pela tecnologia					
Dificuldade de contratação de mão-de-obra especializada					
Custos na aquisição de equipamentos e softwares são elevados					
É difícil avaliar o ganho de produção com a utilização da ATV					
Equipamentos de precisão mudam rapidamente e aumentam os custos					
Dificuldade no treinamento de funcionários para manuseio dos programas e equipamentos					

A coleta de dados sofre interferências (climáticas, operacionais etc) que dificultam sua aplicação.

--	--	--	--	--	--

**13- Qual era a sua expectativa na adoção da ATV antes de a tecnologia ser implementada na propriedade.**

Assinale quantos achar necessário

- ( ) Redução dos custos de produção;  
 ( ) Tomada de decisão rápida e certa;  
 ( ) Controle de toda situação, pelo uso da informação;  
 ( ) Maior produtividade da lavoura;  
 ( ) Melhoria do meio ambiente pelo menor uso de defensivo;  
 ( ) Uso racional de insumos;  
 ( ) Melhoria da qualidade do solo;  
 ( ) Priorização dos investimentos nas áreas em que o potencial de rendimento de grãos é maior;  
 ( ) outros: \_\_\_\_\_

**14- Após a implementação da ATV na propriedade, quais os principais benefícios realmente observados.**

Assinale quantos achar necessário

- ( ) Redução dos custos de produção;  
 ( ) Tomada de decisão rápida e certa;  
 ( ) Controle de toda situação, pelo uso da informação;  
 ( ) Maior produtividade da lavoura;  
 ( ) Melhoria do meio ambiente pelo menor uso de fertilizantes;  
 ( ) Uso racional de fertilizantes;  
 ( ) Melhoria da qualidade do solo;  
 ( ) Priorização dos investimentos nas áreas em que o potencial de rendimento de grãos é maior;  
 ( ) Não verificou-se benefício algum;  
 ( ) outros: \_\_\_\_\_

**15- Segundo os dados da propriedade, qual é a média de produtividade em áreas de agricultura convencional e ATV e o custo total ha<sup>-1</sup> em ambas as áreas na cultura da soja, nos últimos 5 anos?**

São de extrema importância essas informações.

	<b>Agricultura de precisão</b>	<b>Agricultura convencional</b>
<b>Produtividade (Sc/ha)*</b>		
<b>Custo (R\$/ha)*</b>		

\*média de produtividade das áreas

\*\*média dos custos das áreas

## **APÊNDICE B– QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ATORES-CHAVE**

### **Prezado**

Meu nome é Felipe Dalzotto Artuzo e sou estudante do curso de mestrado em Agronegócios da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Suas respostas serão utilizadas para compreender a situação da Agricultura de Precisão no Brasil, seus limitantes e benefícios. Peço sua gentileza para responder este questionário, o que levará aproximadamente 20 minutos. Se o Senhor tiver alguma dúvida ou desejar entrar em contato, estou à disposição no telefone: (54) 99963156 ou por e-mail: felipeartuzo1@hotmail.com

**1 – Nome:** \_\_\_\_\_

### **2- Participa da Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão representando:**

- Associação Brasileira de Engenharia Agrícola
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
- Ministério do Desenvolvimento Agrário
- Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
- Associação Brasileira dos Engenheiros Agrícolas
- Associação Nacional dos Fabricantes de veículos Automotores
- Associação Brasileira das Entidades Estaduais de Assistência Técnica e Extensão Rural
- Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- Organização das Cooperativas Brasileiras
- Fórum de Pró-Reitores de Pós-Graduação e Pesquisa
- Serviço Nacional de Aprendizagem Rural
- Associação Brasileira de Máquinas e Equipamentos
- Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil
- Prestadoras de Serviços em AP
- Fabricantes e Fornecedores de Equipamentos Específicos em AP

**3 – Cargo que Ocupa:** \_\_\_\_\_

**4 - Qual é a situação da Agricultura de Precisão no Brasil?**

---

---

---

---

---

**5 - Qual (is) é (são) a (s) perspectiva (s) do uso da Agricultura de Precisão para os próximos anos?**

---

---

---

---

---

**6 - Qual é o limitante para crescimento da Agricultura de Precisão no Brasil?**

---

---

---

---

---

**7 - Principal (is) benefício (s) encontrado na adoção da Agricultura de Precisão?**

---

---

---

---

---

**8 - Informações complementares que queira relatar referente à Agricultura de Precisão.**

---

---

---

---