

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
COLÉGIO POLITÉCNICO DA UFSM  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGRICULTURA DE PRECISÃO**

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE  
AGRICULTURA DE PRECISÃO NA CULTURA DO  
ARROZ IRRIGADO EM CACHOEIRA DO SUL/RS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Lucas Bauer dos Santos**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2014**

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE  
AGRICULTURA DE PRECISÃO NA CULTURA DO ARROZ  
IRRIGADO EM CACHOEIRA DO SUL/RS**

**Lucas Bauer dos Santos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, Área de Concentração em Tecnologia em Agricultura de Precisão, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agricultura de Precisão**

**Orientador: Professor Dr. Elódio Sebem**

**Santa Maria, RS, Brasil.**

**2014**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Bauer dos Santos, Lucas  
VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE AGRICULTURA DE  
PRECISÃO NA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO EM CACHOEIRA DO  
SUL/RS / Lucas Bauer dos Santos.-2014.  
71 p. ; 30cm

Orientador: Elódio Sebem  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Colégio Politécnico, Programa de Pós-Graduação em  
Agricultura de Precisão, RS, 2014

1. Agricultura de Precisão 2. Custo de Produção 3.  
Viabilidade Técnica 4. Viabilidade Econômica 5.  
Estimativa de Produção I. Sebem, Elódio II. Título.

---

©2014

Todos os direitos autorais reservados a Lucas Bauer dos Santos. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante citação da fonte.

Endereço: Rua Esperanto, nº 1025, Cachoeira do Sul, CEP 96.508-310.

E-mail: lucas.bauerdossantos@gmail.com

---

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-graduação em Agricultura de Precisão**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE AGRICULTURA  
DE PRECISÃO NA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO EM  
CACHOEIRA DO SUL/RS**

elaborada por  
**Lucas Bauer dos Santos**

Como requisito parcial para obtenção de grau de  
**Mestre em Agricultura de Precisão**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Elódio Sebem, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Benjamin Dias Osório Filho, Dr. (UERGS)**

---

**Gisele Martins Guimarães, Dra. (UFSM)**

Santa Maria, 04 de setembro de 2014.

Dedico à minha esposa *Caroline* pelo sacrifício que teve junto a mim para proporcionar meus estudos. A meu filho Lucas pelo carinho e compreensão da ausência e pelo orgulho que tem me dado. A minha filha Lunna que ainda está por vim. Ao meu irmão Tiago e aos meus pais *Jorge* e *Ângela* pelo Dom da Vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus e aos meus familiares por terem me colocado neste mundo e por terem convivido ao meu lado ao longo de minha vida.

Venho agradecer em especial ao meu filho Lucas Bauer dos Santos Filho, pelo carinho, cuidados e compreensão reservados a mim ao longo desta vida. Este Pai te ama.

Ao meu avô Cláudio Bauer (in memorian), que me ensinou a viver com força, honra, honestidade, perseverança, entusiasmo e cabeça erguida, mesmo que desta forma sacrifique minha própria vida.

Ao Sr. Paulo Ronaldo Garcia Menezes, amigo que me oportunizou trabalho em sua empresa (Comercial de Cereais Guajuvira Ltda.), meus sinceros agradecimentos pela sua capacidade como administrador, ensinando-me o dia a dia da administração de uma empresa rural.

Ao Prof. Dr. Elódio Sebem, por ter sido meu orientador, dedicando muitas vezes seu tempo disponível para ajudar-me em questões referentes à minha dissertação, de forma racional, técnica e entusiasta, influenciando-me a seguir no caminho da agricultura. O meu agradecimento especial e incondicional a este Grande Mestre.

Aos professores, que muitas vezes com alguns percalços no decorrer do convívio, ajudaram muito em minha formação e consciência de vida, pessoas estas de um profissionalismo inigualável que me colocaram a caminho do mercado de trabalho, apto e capaz de cumprir minhas atribuições. Deixo a estes meu eterno agradecimento e certeza de muito carinho ao longo de minha vida.

Aos meus queridos colegas, que por muitas vezes, brigamos e nos entendemos, com referencia aos Sistemas de Plantio Agroecológicos, que me ensinaram não só a beleza de se viver em grupo, mas o valor de se ter um amigo, um companheiro para todas as horas, o meu muito obrigado.

A todos, muito obrigado!

“Especialista é alguém que diz uma coisa simples, de maneira confusa, de tal forma a fazer você pensar que a confusão é culpa sua.”

*(Albert Einstein)*

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão  
Universidade Federal de Santa Maria

### VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO NA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO EM CACHOEIRA DO SUL/RS

AUTOR: LUCAS BAUER DOS SANTOS  
ORIENTADOR: ELÓDIO SEBEM

Local e data da defesa: Santa Maria, 04 de setembro de 2014.

Devido ao alto custo de produção, alguns agricultores têm abandonado suas atividades e investido em outras, tendo como fatores a má gestão de seu negócio e a falta de tecnologias específicas ao seu empreendimento, aliada a inexistência de um estudo que aponte a viabilidade técnica e econômica de inserção dessas tecnologias. Este estudo tem por principal objetivo apontar a viabilidade técnica/econômica da implantação do sistema de Agricultura de Precisão (AP), na cultura do arroz plantado no sistema pré-germinado no município de Cachoeira do Sul/RS, sem a necessidade de aquisição de maquinário específico e nem mão-de-obra especializada, com técnicas simples que podem ser executadas pelo próprio produtor ou pelo técnico que possua conhecimento em AP. Foi avaliada uma área experimental de 42 hectares, com grids amostrais de 1 hectare e aplicação de nutrientes a taxa variável, através de demarcação física (bandeiras) das zonas de manejo. A colheita foi realizada de forma mecânica e a produtividade foi inferida através dos métodos de estimativa de colheita manual que se mostraram eficientes. O custo de produção da área no sistema de cultivo tradicional foi de R\$ 5.412,21 ha<sup>-1</sup>, com uma receita de R\$ 8.457,88 ha<sup>-1</sup> e no sistema de cultivo de agricultura de precisão de R\$ 5.241,01 ha<sup>-1</sup>, com uma receita de R\$ 8.401,40 ha<sup>-1</sup>, apresentando o sistema de AP uma maior rentabilidade (R\$ 114,72 ha<sup>-1</sup>) em relação ao sistema Tradicional, mostrando a viabilidade técnica/econômica/ambiental da implantação do sistema de Agricultura de Precisão no local do estudo.

**Palavras-chave:** Custo de produção. Viabilidade técnica. Viabilidade econômica. Estimativa de produção.

## **ABSTRACT**

Master Dissertation  
Graduate Program in Precision Agriculture  
Federal University of Santa Maria

### **ECONOMIC FEASIBILITY OF PRECISION AGRICULTURE IN IMPLEMENTATION OF CULTURE IRRIGATED RICE IN CACHOEIRA DO SUL/RS**

**AUTHOR: LUCAS BAUER DOS SANTOS**  
**ADVISER: ELÓDIO SEBEM**

Place and date of defense: Santa Maria, 04 September, 2014.

Due to the high cost of production, some farmers have abandoned their activities and invested in other, with the factors mismanagement of your business and the lack of specific technologies to its development, coupled with lack of a study that points the technical and economic feasibility insertion of these technologies. This study's main objective is to point out the technical / economic feasibility of the implementation of the Precision Farming System (PA) in the rice crop planted in the pre-germinated system in the city of Cachoeira do Sul/RS, without the need for machinery acquisition specific nor skilled labor, with simple techniques that can be performed by the manufacturer or the technician who has knowledge in AP. An experimental area of 42 hectares has been evaluated with sampling of 1 hectare grids and application of nutrients to variable rate through physical demarcation (banners) of management zones. Plants were harvested mechanically and productivity was inferred through the manual harvest estimation methods that have proven effective. The cost of production in the area of traditional cultivation system was R\$ 5,412.21 ha<sup>-1</sup>, with a revenue of R\$ 8,457.88 ha<sup>-1</sup> and in precision agriculture cultivation system R\$ 5,241.01 ha<sup>-1</sup>, with a revenue of R\$ 8,401.40 ha<sup>-1</sup>, with the PA system increased profitability (R\$ 114.72 ha<sup>-1</sup>) compared to the traditional system, showing the technical feasibility / economic / environmental deployment the Precision Farming system at the study site.

**Keywords:** Cost of production. Technical feasibility. Economic viability. Production estimate.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Ciclo da Agricultura de Precisão.....	18
<b>Figura 2</b> – Exemplos de amostragem de solo: amostragem aleatória e amostragem sistematizada em malha regular, respectivamente.....	22
<b>Figura 3</b> – Grade de amostragem de solo da área à se cultivar, com individualização de células de amostragem, evidenciando as sub-amostras de cada ponto .....	23
<b>Figura 4</b> – Ferramentas utilizadas na coleta convencional de solo .....	24
<b>Figura 5</b> – Mapa de localização geográfica da área de estudos.....	37
<b>Figura 6</b> – Quadros utilizados na pesquisa com os locais utilizados para a amostragem de solo .....	38
<b>Figura 7</b> – Bandeirolas que identificam os grides de 1 hectare, para aplicação a taxa variável .....	41
<b>Figura 8</b> – Custos de produção .....	42
<b>Figura 9</b> – Material utilizado para colheita manual .....	58
<b>Figura 10</b> – Identificação das mostras .....	41

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Custos comparativos de implantação entre o sistema de Plantio Tradicional e o sistema de Plantio de Agricultura de Precisão da cultura do arroz irrigado, no sistema pré-germinado, safra 2012/2013 .46
- Tabela 2** – Comparação entre a receita (produtividade) e os custos de implantação da cultura do arroz pré-germinado, nos sistemas de cultivo tradicional e de agricultura de precisão, safra 2012/2013 .....47
- Tabela 3** – Necessidade de nutrientes por zona de manejo, conforme laudo de análise de solo, na área do projeto piloto, safra 2012/2013, comparada à mesma gleba de área da safra 2013/2014 (quadro 8).....48
- Tabela 4** – Necessidade de nutrientes por área de análise, conforme laudo de análise de solo (NPK), safra 2013/2014 .....49
- Tabela 5** – Adubação da área experimental no sistema de cultivo de agricultura de precisão na safra 2013/2014 .....50
- Tabela 6** – Custo de produção com mão-de-obra na safra 2013/2014 .....51
- Tabela 7** – Custo de produção com mão-de-obra na plantação e aplicação de insumos, safra 2013/2014 .....52
- Tabela 8** – Custo com depreciação do maquinário, na safra 2013/2014 .....53
- Tabela 9** – Custo com maquinário, no sistema de cultivo tradicional durante a safra 2013/2014.....54
- Tabela 10** –Custo com maquinário, no sistema de cultivo de Agricultura de Precisão durante a safra 2013/2014.....55
- Tabela 11** –Custo de produção com insumos ha<sup>-1</sup>, na cultura do arroz pré-germinado, do sistema de cultivo de Agricultura de Precisão, na safra 2013/2014 .....56
- Tabela 12** –Custos comparativos de implantação entre o sistema de Plantio Tradicional e o sistema de Plantio de Agricultura de Precisão da cultura do arroz irrigado, no sistema pré-germinado em pequenas propriedades, safra 2013/2014.....57
- Tabela 13** –Produtividade da área experimental, safra 2013/2014 .....60
- Tabela 14** –Comparação entre a receita (produtividade) e os custos de implantação da cultura do arroz pré-germinado, nos sistemas de cultivo tradicional e de agricultura de precisão, safra 2013/2014 .....61

## LISTA DE ABREVIATURAS

- AP – Agricultura de Precisão.
- CEPEA – Centro de Pesquisas Econômicas da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ).
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
- FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação.
- GPS – Geografic Information System.
- MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário.
- ONU – Organização das Nações Unidas.
- PGPAF – Programa de Garantia de Preços para a Agricultura Familiar.
- PIB – Produto Interno Bruto.
- PROAGRO – Programa de Garantia da Atividade Agropecuária.
- PRONAF – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar.
- ROLAS – Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.
- UFSM – Universidade Federal de Santa Maria.
- UNISC – Universidade de Santa Cruz.

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 Objetivo geral .....	15
1.2 Objetivos específicos.....	15
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>16</b>
2.1 A atualidade da agricultura Brasileira .....	16
2.2 Agricultura de precisão .....	17
2.3 A cultura do arroz.....	19
2.4 Zonas de manejo .....	20
2.5 Amostragem de solo .....	22
2.6 Correção de solo .....	24
2.6.1 Recomendação de calagem .....	25
2.6.2 Recomendação de adubação nitrogenada .....	25
2.6.3 Recomendação de adubação com fósforo .....	26
2.6.4 Recomendação de adubação com potássio .....	27
2.7 Aplicação a taxa variável .....	27
2.8 Mapas de produtividade .....	29
2.9 Custos de produção .....	30
2.9.1 Custo oportunidade.....	33
2.9.2 Custos pró-labore .....	33
2.9.3 Custos com maquinário .....	34
2.10 Relações entre adubação e ambiente.....	35
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>37</b>
3.1 Área de estudos .....	37
3.2 Características do local de pesquisa .....	38
3.3 Planejamento da pesquisa .....	39
3.4 Análise de solo .....	39
3.5 Adubação a taxa variável.....	40
3.6 Custos de produção.....	42
3.6.1 Custo fixo com depreciação do maquinário agrícola .....	42
3.6.2 Custo variável com maquinário.....	43
3.6.3 Custos com mão-de-obra .....	43
3.6.4 Custos com insumos.....	44
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>46</b>
4.1 Comprovação da viabilidade de implantação de um projeto de agricultura de precisão .....	46
4.2 Análise de solo .....	47
4.3 Custo com mão-de-obra .....	50
4.4 Custo com depreciação do maquinário .....	52
4.5 Custo com maquinário.....	54

<b>4.6 Custos com insumos .....</b>	<b>55</b>
<b>4.7 Custo total de produção .....</b>	<b>57</b>
<b>4.8 Produtividade das áreas de análise.....</b>	<b>58</b>
<b>4.9 Receita comparada da área de pesquisa .....</b>	<b>60</b>
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>62</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>66</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Segundo Hauschild (2013), com a economia globalizada, exige que a agricultura brasileira desenvolva tecnologias que possibilitem a competitividade em nível mundial, através do aumento de produtividade das culturas. Neste sentido, a Agricultura de Precisão (AP) tem como finalidade gerar tecnologias para otimizar a aplicação racional de insumos, para reduzir riscos de degradação ambiental e maximizar o retorno econômico; estudar as causas da variabilidade espacial e temporal das respostas dos sistemas produtivos; desenvolver mecanismos e procedimentos para a construção de sistemas de suporte à tomada de decisão em sistemas produtivos; mensurar a eficiência econômica; identificar indicadores para quantificar os benefícios ambientais resultantes do uso de tecnologias da AP; transferir tecnologias e avaliar o nível de adoção da AP no Brasil (IMANASU, 2011).

Knob (2006), afirma que antes da tomada de decisão sobre a implantação ou não da agricultura de precisão, é preciso diagnosticar as ferramentas de AP e a tecnologia de informação mais adequada ao perfil agro-sócio-econômico do produtor, sem perder de vista os princípios básicos preconizados por esta tecnologia. O mesmo autor aponta ainda que é preciso se trabalhar com os produtores, principalmente os pequenos, com ferramentas e técnicas simples, que muitas vezes podem ser executadas de forma manual, com um enfoque especial nos recursos e na mão de obra disponível na propriedade, incluindo a geração manual de mapas de fertilidade e produtividade, especialmente com ferramentas de baixo custo, com a finalidade de se aplicar a taxa variável em determinadas zonas de manejo.

Conhecer a realidade do produtor é requisito essencial para a adoção de uma tecnologia, sendo por este motivo que um estudo detalhado sobre a viabilidade tanto técnica como econômica de determinadas tecnologias é fator limitante antes de sua adoção. O produtor bem estruturado no ponto de vista logístico e econômico possui a capacidade de assumir o risco com o possível insucesso do emprego de uma tecnologia que não responda ao seu empreendimento. Em contrapartida, o produtor menos capitalizado necessita de subsídios suficientes antes de adotar em seu

empreendimento uma tecnologia, mesmo que esta traga benefícios como é o caso da Agricultura de Precisão.

Desta forma, a proposta principal deste trabalho é fundamentar no ponto de vista técnico/econômico a possibilidade do produtor fazer o uso das técnicas de AP, dando suporte necessário para que o mesmo adote ou não a respectiva tecnologia na cultura do arroz plantado no sistema pré-germinado, sem a necessidade de se adquirir maquinários e equipamentos específicos e nem a contratação de mão-de-obra especializada.

### **1.1 Objetivo geral**

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a viabilidade técnica/econômica de implantação de um sistema de Agricultura de Precisão alternativo, na cultura do arroz cultivado no sistema pré-germinado, na cidade de Cachoeira do Sul.

### **1.2 Objetivos específicos**

a) Administrar uma área de pesquisa, cultivando a cultura do arroz no sistema pré-germinado, utilizando técnicas e princípios da Agricultura de Precisão, com uso de implementos utilizados na agricultura convencional.

b) Testar um método operacional, para a coleta de dados.

c) Gerar mapas tabulares de fertilidade, de aplicação e de produtividade do arroz;

d) Avaliar o custo benefício de implantação da Agricultura de Precisão.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 A atualidade da agricultura Brasileira**

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2013) a safra 2013/2014 teve um crescimento em relação a safra 2012/2013 de 3,6%. Já o Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA, 2013), explana que no ano de 2012 o crédito disponibilizado para a agricultura familiar atingiu R\$ 18,6 bilhões. No ano de 2013, somente os agricultores familiares investiram 22,3 bilhões (CONAB, 2013). Nos primeiros cinco meses do Plano Safra 2013/2014 o número de contratações do PRONAF foi 33% maior do que o registrado no Plano 2012/2013, atingindo o volume de R\$ 21 bilhões (MDA, 2013).

Ainda conforme o MDA (2013), em relação à evolução dos recursos do Plano Safra de 2002/2003 até o de 2012/2013, houve um crescimento expressivo de 717% no volume de crédito contratado pela agricultura familiar. Quanto ao PRONAF, neste mesmo período teve um acréscimo de 290%, subindo de 5,4 bilhões em 2002/2003 para 21 bilhões em 2013/2014. A Agricultura familiar possui 4,3 milhões de unidades produtivas, sendo responsável por 74% da mão-de-obra do campo. Registra ainda 84% dos estabelecimentos rurais, respondendo por 33% do PIB agropecuário. O limite de crédito por operação no programa PRONAF Mais Alimentos passou de 130 mil em 2012/2013 para 150 mil em 2013/2014. O crédito de custeio teve um aumento de 25%, passando de 80 mil em 2012/2013 para 100 mil de 2013/2014.

Outros programas que beneficiam o produtor menos capitalizado e que conseqüentemente aumentam a geração de renda e empregos para a pessoa do campo: I) crédito para modernização da irrigação e para construção de silos para a armazenagem dos grãos, com taxa de juros de 2% ao ano e 15 anos para o pagamento; II) Programa Garantia Safra que ampliou sua cobertura para 1,2 milhões de famílias; III) Seguro agrícola (PROAGRO MAIS), com uma taxa de 2% que cobre operações de custeio e de investimento do associado para todas as culturas com zoneamento climático; IV) Garantia de preços (PGPAF), que amplia o preço de garantia ao agricultor, cobrindo 49 produtos (MDA, 2013).

## 2.2 Agricultura de precisão

A agricultura de precisão tem como escopo identificar a variabilidade espacial de certas características físico-químicas e biológicas do solo, para um posterior monitoramento e correção localizada, se necessário, de insumos, reduzindo ao máximo desperdícios e aumentando os lucros do produtor, sem esquecer de manter o equilíbrio do meio ambiente (BLACKMORE, 1994). A agricultura de precisão ainda pode ser conceituada como um conjunto de técnicas que se propõe ao tratamento localizado dos pontos do terreno com base na variabilidade espacial, procurando maximizar o uso da terra e dos insumos, aumentando desta forma a produtividade da propriedade e diminuindo custos com insumos (MOLIN, 1998).

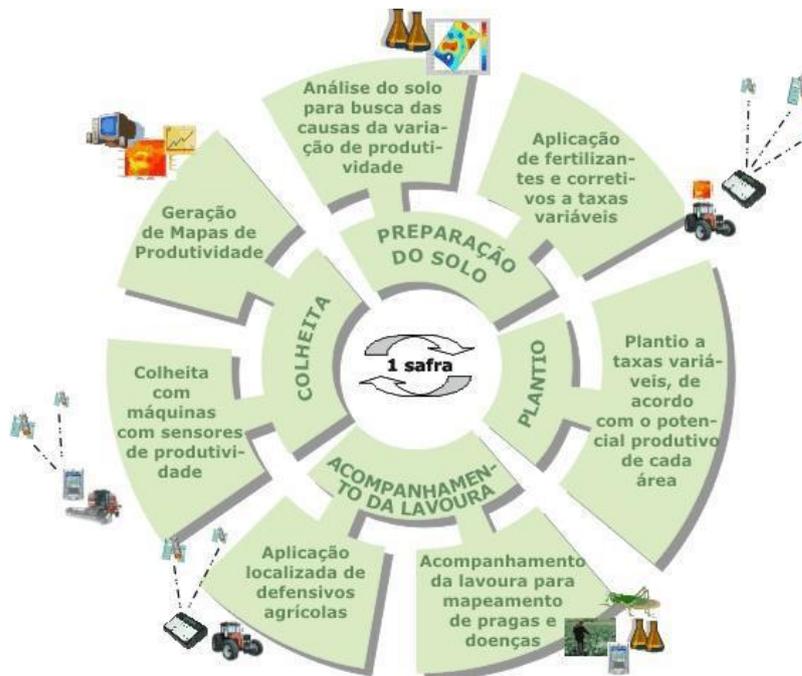
Segundo estudo de Lambert e Lowenberb-Debore (2000), nos Estados Unidos, referente a viabilidade econômica da agricultura de precisão, a qual foi realizada a partir do estudo de caso de 108 propriedades, apontou a viabilidade de implantação do sistema de agricultura de precisão. Este estudo indicou que 63% dos casos obtiveram lucro e retorno positivo com a adoção das técnicas de AP, no entanto, 26% apresentaram resultados incertos e 11% resultados negativos. Os mesmos autores indicaram também que mais de 50% dos casos apresentaram benefícios com o uso de combinações entre agricultura de precisão e a agricultura tradicional. Aproximadamente 60% dos casos, apresentaram lucratividade com aplicação a taxas variáveis de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK).

Knorr (2000), apud Robert (2002), chegou a conclusão através de pesquisa realizada com 530 proprietários rurais que a agricultura de precisão trouxe para o seu sistema de cultivo, os seguintes benefícios: melhoria na drenagem (20%), maior precisão na seleção de híbridos (20%), otimização no uso de fertilizantes (15%), aumento do lucro por hectare (8%), redução da compactação do solo (7%), aumento da produção (6%), menos gastos com substâncias químicas (3%) e acordos de arrendamentos mais justos (3%). Os custos estavam associados a: transformar os dados de produção em recomendações úteis (52%), colocar o equipamento para funcionar (35%), transportar os dados coletados para o computador (19%), encontrar consultores capacitados para ajudar na tecnologia (15%), entre outros.

O termo “Agricultura de Precisão” é utilizado para descrever o uso de tecnologias avançadas, buscando a redução dos custos de produção (UMEZU,

2003). No ponto de vista ambiental, a racionalização e a redução do uso de insumos deve ser analisada como um dos principais benefícios de agricultura de precisão (ANTUNIASSI et al., 2007). Desta forma, a agricultura de precisão pode ser dividida em três grandes etapas: I) a coleta de dados, com objetivo de mapear a variabilidade espacial e temporal da lavoura; II) a análise de dados e III) tomada de decisão e na aplicação localizada de insumos agrícolas.

Estas etapas constituem um ciclo que é repetido a cada safra, momento que para se completar o ciclo da Agricultura de Precisão (Figura 1) são necessários equipamentos com capacidade de aplicação precisa de insumos a taxa variável (UMEZU, 2007).



**Figura 1** – Ciclo da Agricultura de Precisão.  
Fonte: Arvus Tecnologia, 2009.

O ciclo de agricultura de precisão é composto por várias etapas, sendo três delas fundamentais: a geração de um mapa de produtividade da cultura, mapas e atributos do solo e mapas de aplicação a taxa variável (KNOB, 2006).

Amado et al. (2007), diz que o ciclo de agricultura de precisão baseia-se na amostragem intensiva e georreferenciada do solo, geração de mapas com distribuição espacial dos atributos químicos analisados, interpretação e prescrição localizada de insumos, aplicação a taxa variável de insumos, geração de mapas de rastreabilidade, acompanhamento da lavoura durante o ciclo das culturas, geração de mapas de produtividade, investigação das relações causa efeito, análise econômica e re-planejamento das atividades de manejo visando a otimização dos recursos.

Conforme Portugal (2002), a tecnologia disponível ao pequeno agricultor, quando bem utilizada, tem-se mostrado adequada e viável, sendo que a maioria das tecnologias desenvolvidas tem como objetivo aumentar a produtividade. Aponta também que o maior desafio da agricultura familiar é adaptar e organizar o seu sistema de produção a partir das tecnologias disponíveis. Já Görden (2005), afirma que o pequeno agricultor precisa de uma mecanização leve, simples, resistente, rústica, econômica, barata e eficiente, onde no processo de mecanização agrícola, o trator tem um fator essencial no sistema, momento que as demais máquinas devem ser versáteis, polivalentes e utilizadas nas mais diferentes tarefas.

### **2.3 A cultura do arroz**

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2013), anualmente são plantados cerca de 150 milhões de hectares da cultura do arroz, produzindo 590 milhões de toneladas, sendo que mais de 75% desta produção é oriunda do sistema de cultivo irrigado. De acordo com o Ministério da Agricultura (MAPA, 2013), o Brasil é o nono maior produtor mundial de arroz. A produção está distribuída no Rio Grande do Sul, em Santa Catarina e Mato Grosso. O cultivo de arroz irrigado, praticado na região Sul do Brasil contribui, em média, com 54% da produção nacional, sendo o Estado gaúcho o maior produtor brasileiro. A estimativa do IRGA é que sejam cultivados 1.100.347 ha de arroz no Estado neste ano (2013/2014), uma área 2% superior à semeada na safra 2012/2013.

Segundo o Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA, 2013), na safra de arroz 2012/2013, os produtores gaúchos plantaram uma área de 1,076 milhão de

hectares, com uma produtividade média de 7.497 quilos por hectare, resultando em uma produção de 8,06 milhões de toneladas, quase 4% a mais do que a safra anterior, que resultou em 7,7 milhões de toneladas (IRGA, 2013).

A região com a maior área plantada é a Fronteira Oeste, com 328.834 mil hectares e uma produtividade média de 7.556 quilos por hectare e uma produção de 2.487.795 toneladas (IRGA, 2013).

Conforme Santos (2011), o município de Cachoeira do Sul é um dos municípios pioneiros no cultivo do arroz, sendo conhecido como a “Capital Nacional do Arroz”, momento em que o Rio Jacuí contribuiu ativamente para o desenvolvimento da cultura, pois grande parte das plantações situa-se em suas margens, sendo o Rio Jacuí responsável por grande parte da irrigação do arroz Cachoeirense.

Segundo o IRGA (2013), na safra 2012/2013 foi plantada em Cachoeira do Sul 32.650 hectares, com uma produção de 236.778 toneladas de arroz e uma produtividade média de 7.252 kg.ha<sup>-1</sup>. Um aspecto importante a ser observado é a evolução do cultivo do arroz no sistema pré-germinado em Cachoeira do Sul, passando de 11% da área plantada na Safra 2010/2011, 16% na Safra 2011/2012 e 33% na Safra 2012/2013.

## **2.4 Zonas de manejo**

Conforme Luchiari Junior, et al. (2000), zonas de manejo são áreas de terreno de igual potencial de produção, eficiência de uso de insumos e risco de impactos ambientais. Estes autores utilizaram mapas de colheita, mapas de condutividade elétrica do solo, mapas de classificação de solo, imagens de solo e de plantas para delinear zonas de manejo homogêneas e também para direcionar as amostragens de solo.

Blackmore e Larscheial (1997), afirmam que existem três tipos de variabilidade: I) a variabilidade espacial que é observada ao longo do campo e pode ser facilmente constatada em qualquer mapa de produtividade ou fertilidade; II) a variabilidade temporal que é observada quando se comparam mapas de

produtividade de diferentes safras, e; III) a variabilidade preditiva que é a diferença entre a previsão de algum fator e o resultado real no campo.

Stafford et al. (1999), utilizaram mapas de colheita de diversas culturas para delimitar zonas de manejo e observaram grande variabilidade da produtividade numa mesma safra e uma falta de consistência no padrão da variabilidade de uma safra para outra devido à variação ocorrida também nos fatores que afetam as produtividades das culturas.

Milani et al. (2006) mostraram que o manejo localizado tendeu a apresentar produtividades mais homogêneas e superiores que o manejo uniforme. Esta aplicação, no entanto, requer acompanhamento e análise de mapas de produtividade, considerando um histórico de várias safras e de diferentes culturas para que seja contemplada a variabilidade espacial e temporal (BLACKMORE et al., 2003).

O manejo diferenciado das propriedades agrícolas é possibilitado pela identificação da variabilidade espacial dos fatores que afetam a produção, como a fertilidade, e todas as técnicas envolvidas com a AP estão vinculadas de alguma forma a esta identificação e associadas ao uso do GPS, como por exemplo, o sensoriamento remoto utilizando-se de imagens de satélites ou fotografias aéreas, sistemas de informações geográficas (SIGs), amostragem sistemática do solo (em malhas), tecnologias de aplicação em taxa variada, mapeamento da condutividade elétrica, sensores de plantas daninhas e doenças, monitor de colheita e mapeamento da fertilidade e da produção, entre outras (CIRANI; MORAES, 2010).

Considerando a existência da variabilidade espacial dos atributos do solo, o conhecimento e o detalhamento da mesma são de grande importância e devem ser incorporados no planejamento do manejo das culturas, tratando o solo de maneira diferenciada em cada porção do terreno em busca do aumento da eficiência de produção, uniformidade e máxima exploração do potencial produtivo (RAGAGNIN et al., 2010), otimizando a aplicação de fertilizantes, reduzindo custos e problemas ambientais (MARQUES JÚNIOR et al., 2008), objetivos pelos quais baseia-se a Agricultura de Precisão.

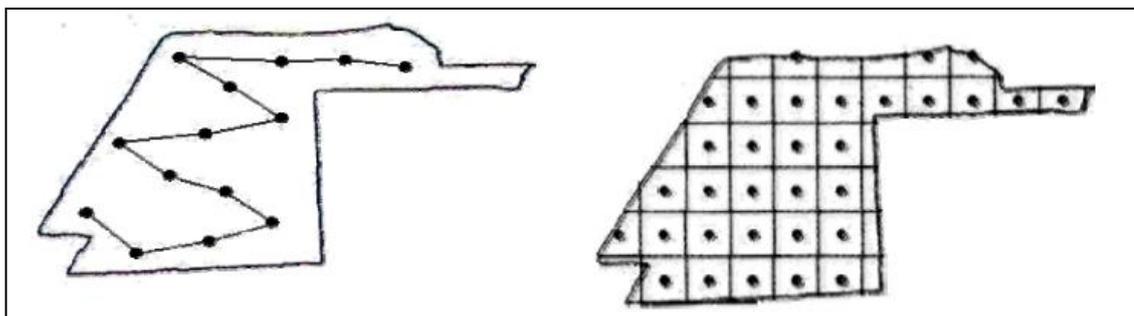
## 2.5 Amostragem de solo

As análises de solo para cada cultivo de arroz são indicadas para o sistema tradicional, ou seja, arroz seguido de arroz, intercalado com pousio ou pastejo. Em sistemas com rotação do arroz irrigado com espécies de sequeiro, recomenda-se monitorar a fertilidade do solo a cada dois cultivos em seqüência (SOSBAI, 2010).

Blu e Molina (1999), dizem que a amostragem de solo é a parte mais difícil na confecção de mapas de fertilidade, a qual é uma importante ferramenta utilizada no auxílio para interpretação de mapas de produtividade.

Segundo a Sociedade Sul – Brasileira de Arroz Irrigado (SOSBAI, 2010), uma amostra mal coletada pode constituir a principal fonte de erro do processo de recomendação de corretivos e de fertilizantes, uma vez que o laboratório de solos não tem como diagnosticar e corrigir tais erros.

Quanto à amostragem de solo, ela pode ser realizada de duas formas (Figura 2): amostragem aleatória, comum na agricultura convencional, e a amostragem sistemática, utilizada na agricultura de precisão.

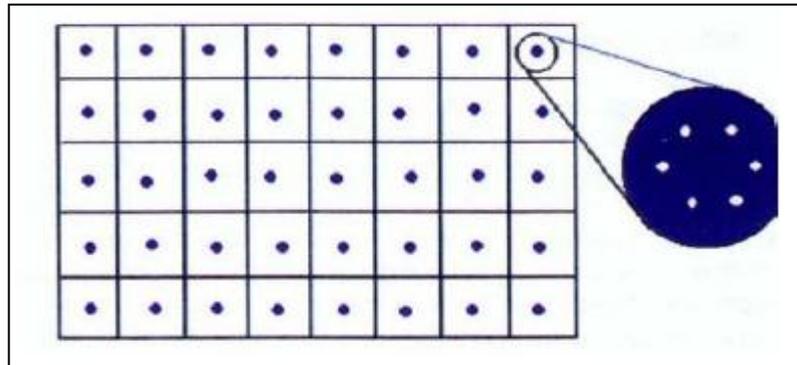


**Figura 2** – Exemplos de amostragem de solo: amostragem aleatória e amostragem sistematizada em malha regular, respectivamente.

Fonte: Blu e Molina (1999a).

Neste contexto, esta grade deve ser caracterizada pela existência de uma malha de tamanho regular, criando células de amostragem, que correspondem a uma quadricula da malha de amostragem, com o objetivo de identificar os pontos

amostrais, onde em cada ponto seja coletada várias sub-amostras (Figura 3), buscando individualizar a variabilidade do solo no local (BLU; MOLINA, 1999).



**Figura 3** – Grade de amostragem de solo da área à se cultivar, com individualização de células de amostragem, evidenciando as sub-amostras de cada ponto.

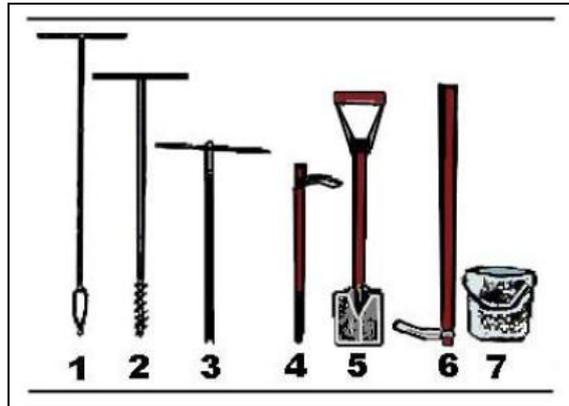
Fonte: Blu e Molina (1999a).

Quanto ao espaçamento ideal entre os pontos amostrais, conclui-se que o mesmo é responsável pelo máximo nível de precisão da área, de acordo com o seu espaçamento. Blu e Molina (1999) indicam malhas de 1,0 a 5,0 ha, sendo sabido que quanto menor for o espaçamento entre amostras, maior será a precisão do sistema, cabendo salientar que quanto menor for o espaçamento, maior será o número de amostras, podendo inviabilizar o trabalho devido ao custo da coleta e de análise das amostras.

Segundo Knob (2006), a coleta do solo para análise pode ser realizada com carrinho de amostragem, equipado com extrator hidráulico e regulagem de profundidade de coleta, utilizado para um número maior de amostras, até métodos mais simples, com o auxílio de um GPS de navegação, coletando as amostras através de métodos convencionais e ferramentas tradicionais (Figura 4).

Na XXVIII Reunião Técnica da Cultura do Arroz (2010), referenciando-se ao o Manual (CQFS RS/SC, 2004), o qual detalha que dentro de uma área homogênea, deve-se coletar o maior número de sub-amostras possíveis, utilizando o carrinho de amostragem ou pá-de-corte, trado de rosca ou calador (tubo de aço), na camada de 0-20 cm do solo, colocando as amostras em recipiente limpo e não metálico. As sub-amostras devem ser misturadas e, da mistura, retirar uma amostra de

aproximadamente 500 g para a remessa ao laboratório. A amostra deve ser acondicionada em saco isento de resíduos, para evitar contaminações e etiquetada com as informações que possibilitem identificá-la na propriedade.



**Figura 4** – Ferramentas utilizadas na coleta convencional de solo: 1 Trado holandês; 2 Trado de rosca; 3 Trado calador; 4 Enxadinha; 5 Pá-de-corte; 6 Enxada; 7 Balde.  
Fonte: Knob, (2006).

## 2.6 Correção de solo

O Manual de Adubação e Calagem para os estados do RS e SC (ROLAS, 2004), traz recomendações de adubação para o arroz irrigado, apresentadas em diferentes faixas de rendimento, de acordo com os teores de matéria orgânica, N, P e K. Para o sistema pré-germinado estas faixas de produtividade vão de 6,0 a 9,0 e mais que 9,0 toneladas por hectare, onde nesta expectativa de rendimento, deve ser considerado todos os fatores que afetam a produção. A aplicação da dose de nutriente indicada, não necessariamente assegura a obtenção do rendimento esperado, de acordo com as seguintes situações: I- Rendimento menor que 6 toneladas por hectare, quando o arroz for cultivado com limitações de vários fatores que afetem a produção; II- Rendimento de 6 a 9 toneladas por hectare, quando o arroz for cultivado com limitações em algum(ns) dos fatores que afetam a produção; III- Rendimento maior que 9 toneladas por hectare, quando o arroz for cultivado em condições favoráveis de clima, radiação solar no período reprodutivo, uso de

variedade com alto potencial reprodutivo, época e densidade de semeadura adequadas a região, manejo de irrigação adequado com relação a época e ao controle da lamina de água, controle de plantas daninhas e controle fitossanitário.

### 2.6.1 Recomendação de calagem

Segundo a Sociedade Sul – Brasileira de Arroz Irrigado (SOSBAI, 2010), a calagem é definida como a prática de utilização de produtos que atuam como agentes corretivos da acidez do solo e como fontes de cálcio e magnésio para as plantas (calcário). A finalidade é proporcionar às plantas um ambiente adequado ao crescimento radicular, pela diminuição da atividade de elementos potencialmente tóxicos (alumino, manganês e ferro) e/ou aumentando a disponibilidade de nutrientes.

Entretanto, em solo inundado, a elevação do pH ocorre naturalmente como consequência do processo de redução do solo, resultando do fenômeno conhecido como “auto calagem”, em que as novas condições de pH e de disponibilidade de alguns nutrientes, decorrentes da redução do solo, atingem níveis estáveis num período variável de quatro a seis semanas após a inundação (SOSBAI, 2010).

Para o sistema de cultivo pré-germinado, em que a planta está sob condições de solo inundado desde o início do ciclo, não é recomendada a calagem para correção da acidez, mas sim para a correção de possíveis deficiências de cálcio e/ou magnésio, ou seja, quando o solo apresentar níveis de cálcio menores ou igual a  $2,0 \text{ cmol/dm}^3$  e/ou de magnésio menores ou igual a  $0,5 \text{ a } 2,0 \text{ cmol/dm}^3$ . Nestes casos recomenda-se aplicar em torno de 1 tonelada por hectare de calcário dolomítico com PRNT 100% (SOSBAI, 2010).

### 2.6.2 Recomendação de adubação nitrogenada

Para o sistema pré-germinado, a recomendação de adubação nitrogenada não é recomendada na semeadura, devido aos riscos de perdas por desnitrificação.

Para cultivares de ciclo curto (até 120 dias) e médio (entre 120 e 135 dias), recomenda-se aplicar em torno de 50% do N em V3/V4<sup>1</sup> e o restante em R1<sup>2</sup> (diferenciação da panícula). Nos casos de doses próximas ou acima de 100 kg de K/ha em cobertura, pode-se aumentar a proporção da dose da primeira aplicação, desde que também se mantenha uma aplicação em torno de 40 kg de N/ha na segunda cobertura. Para as cultivares de ciclo longo (mais de 135 dias), a cobertura pode ser fracionada em três aplicações, 1/3 em V3/V4, 1/3 na metade do perfilhamento e 1/3 em R1 (SOSBAI, 2010).

### 2.6.3 Recomendação de adubação com fósforo

No sistema pré-germinado, a aplicação de fósforo pode ser aplicado e incorporado com enxada rotativa ou grade na formação da lama, ou após o re-nivelamento da área, antes da semeadura. A antecipação da adubação fosfatada no pré-germinado pode estimular o desenvolvimento de algas, que pode ser prejudicial ao desenvolvimento inicial das plantas de arroz (SOSBAI, 2010).

Para o sistema pré-germinado, são recomendadas doses menores de fósforo, devido a maior disponibilidade causada pela inundação do solo, que ocorre a partir do preparo e formação da lama antes da semeadura (Manual de Adubação e Calagem para o RS e SC, 2004).

Para a extração de fósforo do solo nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, desde 1968 é adotado o método de Mehlich-1, tendo em vista que a capacidade de extração de P pela solução de Mehlich é baixa em solos que contêm alto teor de argila e em consequência de elevados teores de óxido de ferro e alumínio que insolubilizam o fósforo, sendo a interpretação de P feita conforme os teores de argila nas culturas de sequeiro. Essa diferenciação é desnecessária para solos alagados devido à predominância de reações de redução que aumentam o pH e a disponibilidade de fósforo.

---

<sup>1</sup> Estádios de desenvolvimento vegetativo do arroz: V3, colar formado pela terceira folha do colmo principal e V4, colar formado pela quarta folha do colmo principal.

<sup>2</sup> Estádio de desenvolvimento reprodutivo do arroz: R1, diferenciação da panícula (processo através do tempo; diferenciação das ramificações da panícula).

#### 2.6.4 Recomendação de adubação com potássio

No cultivo do arroz no sistema pré-germinado, o potássio pode ser aplicado e incorporado com enxada rotativa ou grade na formação da lama, ou após o re-nivelamento da área, antes da semeadura. Em solos arenosos e orgânicos, podem ocorrer maiores perdas de potássio e doses maiores do nutriente podem ser utilizadas. A adubação potássica pode ser fracionada, para evitar perdas desse nutriente, especialmente em casos de doses elevadas em solos arenosos, com a aplicação de metade da dose no preparo do solo e outra em cobertura, juntamente com a segunda aplicação de nitrogênio (SOSBAI, 2010).

Recomenda-se a utilização de cloreto de potássio, visto o sulfato de potássio quando aplicado em doses elevadas (menores que 60 kg de S/ha), pode causar efeitos tóxicos pela formação de gás sulfídrico (Manual de Adubação e Calagem para o RS e SC, 2004).

Referente a resposta das culturas à adubação potássica, as faixas de interpretação dos teores deste nutriente no solo, variam conforme a capacidade de troca de cátions a pH 7,0, sendo estabelecidos teores críticos, que variam de 45, 60 e 90 mg/dm<sup>3</sup>, para solos com CTC<sub>pH 7,0</sub> ≤ 5,0 entre 5,1 e 15,0 e > 15,0 cmol<sub>c</sub>/ dm<sup>3</sup>, respectivamente (SOSBAI, 2010).

### 2.7 Aplicação a taxa variável

De acordo com Searcy (1995) e Balastreire et al. (1997) na década de 90, com a popularização do GPS (Global Positioning System), do SIG (Sistema de Informação Geográfica) e do monitoramento da produtividade das culturas, foi possível quantificar a variabilidade espacial das áreas de cultivo, podendo nestas identificar as diferenças e manejá-las de forma diferenciada de acordo com a necessidade. O uso destas técnicas possibilitou ao produtor manejá-las ou variar as taxas de aplicação de fertilizantes em determinada área conforme as diferenças de produtividade da cultura ou dos índices de fertilidade ao longo das áreas de manejo,

ficando esta prática conhecida por taxa variável de aplicação de fertilizantes ou, em inglês, VRF (*Variable-Rate Fertilization*) (LARSON; ROBERT, 1991).

Swinton e Lowenberg-Deboer (1998), chegaram a conclusão que a aplicação a taxa variável é uma prática economicamente viável para culturas de alto retorno econômico, sendo também observado a não viabilidade para culturas de baixo valor, estando relacionado ao alto custo da amostragem de solo em relação ao lucro proporcionado pela cultura.

Molin (2002) faz referência que as unidades de cada área da plantação merecem um tratamento diferenciado, sendo uma tarefa pouco objetiva, que depende da resposta da cultura e das características do solo, sendo que tais formas de se proceder se dão através das informações contidas nos mapas de produtividade da safra anterior, através do análise da variabilidade espacial e temporal, que pode ser obtida por meio do cálculo da variabilidade temporal de cada célula dos mapas das diferentes safras. Deste modo, somente será possível se determinar as definições das unidades de manejo, após se atribuir os limites e condições de agrupamentos desejados ou adequados.

Bongiovanni e Lowenberg-Deboer (2004), afirmam que as técnicas de agricultura de precisão podem contribuir para manutenção da sustentabilidade da agricultura, através da aplicação de fertilizantes a taxa variável. Enquanto isso, Hoerbe (2009), explana que a obtenção de alto rendimento de grãos de arroz irrigado depende de vários fatores, entre eles destacando a adubação, onde na adubação tradicional a variabilidade de atributos químicos do solo não é considerada, enquanto na agricultura de precisão são consideradas.

Durigon (2007), em trabalho realizado com aplicação de calcário a taxa variável na cultura do arroz irrigado, verificou a viabilidade econômica com a aplicação de técnicas de manejo localizado, ao correlacionar a economia na aplicação do produto com a produtividade em grãos, resultando em uma receita total de R\$ 143,40 .ha<sup>-1</sup>, proporcionando um lucro de R\$ 102,10 .ha<sup>-1</sup>, o que equivale a aproximadamente 308 kg.ha<sup>-1</sup> do produto com uma lucratividade de 71% com a aplicação de calcário a taxa variável.

## 2.8 Mapas de produtividade

Balastreire et al. (1997) ressaltam a importância dos mapas de colheita para a agricultura de precisão, pois além de servirem como fonte de informações para elaboração de um plano de recomendação, ainda permitem uma visualização detalhada das condições da área.

Segundo Molin (2002), os mapas de colheita relacionados a fatores de produção, dão a informação mais completa para visualizar a variabilidade espacial das lavouras. Ainda segundo o autor, várias outras ferramentas estão sendo propostas e testadas, visando identificar manchas com valores distintos de produção em uma área, como as fotografias aéreas, as imagens de satélite e a videografia, sendo que, no entanto, nenhuma informação reproduz com maior fidelidade as condições de cultivo do que a própria resposta da cultura.

Willis et al. (1999), acusa ainda que independente dos mapas de colheita serem extremamente importantes para a tomada de decisão, os métodos de coleta de dados são ainda deficientes quando o assunto é pesquisa científica. Esses autores ressaltam que os dados brutos do monitor de colheita embutem alguns erros como defasagem de tempo desde o ponto de alimentação até o sensor de produção, calibração do sensor, precisão do GPS, incerteza quanto à faixa de cultura entrando na plataforma e perda de grãos.

Blackmore & Marshall (1996) listaram várias fontes de erros em mapas de produtividade e incluíram aqueles oriundos da retilha de grãos e das perdas de colheita. O tempo de enchimento da colhedora é representado pela distância necessária para que o sistema de monitoramento da produtividade fique sensível às variações naturais da produtividade, após o início de gravação dos dados (MOORE, 1998). O autor considerou o monitor sensível às variações naturais, quando o valor de produtividade atingiu 90% da produtividade máxima local.

Zhang et al. (1999) destacam que a qualidade dos dados de monitor de colheita depende da variação da topografia e de quão uniformemente a colhedora é dirigida, uma vez que os dados de produtividade são registrados a uma taxa de fluxo de massa, a intervalos regulares muito reduzidos gerando uma amostra muito pequena. Nesse sentido, a obtenção de dados de produtividade por meio da

amostragem manual com posterior construção de mapas por krigagem parece ser a melhor e mais confiável alternativa quando a finalidade é a pesquisa científica.

A interpretação do mapa de produtividade é imprescindível para a correção dos fatores de produção que persistem ao longo do tempo, tais como: variação do tipo de solo na área plantada, acidez do solo em locais específicos, deficiência na aplicação de fertilizantes e locais com falta ou excesso de água (CAPELLI, 2004). Ao interpretar um mapa de colheita com finalidade de futuro gerenciamento localizado, deve ser levado em consideração as causas consistentes de variação, já que para as que não persistem ao longo do tempo pode-se ter pouco ou nenhum controle (QUEIROZ et al., 2000).

Um mapa de produtividade evidencia regiões com alta e baixa produtividade, mas não explica a causa de tal variação, que pode ser por doenças, baixo pH, estresse hídrico e outras; se a causa específica não é determinada, nenhuma resposta ao gerenciamento pode ser obtida (LARK; STAFFORD, 1997).

## **2.9 Custos de produção**

Para o cultivo do arroz a adubação destaca-se como sendo um dos principais componentes do custo de produção. Na safra 2007/2008 o custo de produção médio com a cultura do arroz no Rio Grande do Sul representou 8,38% do custo total de produção, apresentando-se como terceiro maior custo de produção, perdendo apenas para o custo de secagem (11,37%) e de combustíveis para o preparo da lavoura (9,37%) (IRGA, 2008).

Silva (2008) afirma que a contabilidade de custos atualmente, é um dos principais ramos da contabilidade e que merece uma maior atenção por parte dos contadores, para que não seja assumida por outra profissão como Administração, Economia e ou até mesmo Engenharia, como é o caso dos EUA onde já existe a Engenharia de Custos, descreve ainda, que a contabilidade de custos é um ramo da ciência contábil utilizada para identificar, mensurar, registrar e informar os custos dos produtos, mercadorias ou serviços vendidos, aplicando os princípios contábeis da mesma forma que a contabilidade geral, com a finalidade de se apurar resultados e

valorizar os estoques, alertando os administradores para quaisquer resultados que exijam correção.

Oliveira e Rodrigues (2010) explicitam que a contabilidade de custos nasceu da contabilidade financeira, quando houve a exigência de se controlar e avaliar estoques nas indústrias, nascentes à época da Revolução Industrial, tarefas, até então, de fácil avaliação, pois as empresas eram pequenas e familiares, basicamente de artesanatos.

De acordo com Bertó e Beulke (2005), custo é uma expressão monetária que deve ter uma menor quantidade final, boa, rentável de produtos ou serviços para repor fisicamente, ao término de cada ciclo operacional, uma maior quantidade inicial de insumos e consumos do próximo ciclo.

Quanto a classificação dos custos, Martins (1998), diz que todos os custos podem ser classificados em fixos e variáveis ou em diretos e indiretos ao mesmo tempo. Assim, a matéria-prima é um custo direto e variável, os materiais de consumo são normalmente custos indiretos e variáveis, os seguros das fábricas são custos indiretos e fixos, etc. Os custos diretos são variáveis, quase sem exceção, mas os indiretos são tanto fixos como variáveis, apesar da geral predominância dos primeiros.

Bruni (2006), relata que as expressões custeio direto e custeio variável aparecem citados muitas vezes como sinônimos, porém as duas expressões se baseiam em conceitos bastante diferentes.

Bertó e Beulke (2005) relatam que os custos fixos se mantêm inalterados face ao volume de atividade, dentro de certos limites de capacidade, ou seja, não se modificam em razão do crescimento ou da retração ao volume dos negócios dentro desses limites. Exemplos: manutenção, folha de pagamento da administração.

Por sua vez, Silva (2008) diz que custo variável é aquele que ocorre em função da quantidade produzida, por exemplo: matéria-prima, combustível, mão de obra para produção.

Já Bertó e Beulke (2005), relatam que custo variável não está necessariamente relacionado com a identificação entre custos/despesas com o produto/mercadoria/serviço. Na realidade, o foco desses custos/despesas está mais relacionado com o volume vendido. Constituem valores que se modificam em relação direta com o volume vendido. Exemplos: variação no custo total da mercadoria em razão das oscilações da quantidade vendida, ICMS de venda,

PIS/COFINS etc. Resumidamente, custo variável é o que varia de acordo com o nível de produtividade, enquanto que o custo fixo se mantém constante em todos os níveis de produtividade. Esta subdivisão é feita para auxiliar a decisão do produtor se deve continuar ou não na atividade, o que depende do tipo de decisão a ser tomada, que pode ser classificada como de longo e de curto prazo. A decisão de longo prazo é aquela que o produtor tem a possibilidade de trocar de atividade, o que envolve tempo e recursos. Este tipo de decisão se refere a um horizonte mais amplo, que ultrapassa o da safra que esta sendo planejada ou que esta em andamento. A decisão de curto prazo é aquela onde não há tempo ou recursos suficientes para que o produtor mude de atividade.

Santos (2011) aponta que todos os custos devem ser computados, inclusive quando se tratar de recursos próprios, como terra (Custo Oportunidade), mão de obra (Pró-labore) e recursos financeiros aplicados, mesmo que eles não impliquem em desembolso para o produtor, sendo apresentado como se fosse um pagamento para si mesmo. Desta forma devem ser computados pelo seu custo de oportunidade, que consiste em avaliar quanto o produtor poderia efetivamente receber se aplicasse o recurso em outra fonte ou forma.

Santos (2011) afirma que do ponto de vista econômico, o desafio que se apresenta para o profissional da assistência técnica em orizicultura consiste em “como minimizar o custo por hectare para uma dada produtividade” ou, alternativamente, em “como maximizar a produtividade para um determinado custo por hectare”, onde neste momento se encaixa a agricultura de precisão. Para tanto, é importante que ele tenha um custo corretamente calculado em suas mãos e que possua referências de custo de outros produtores da região ou de sua própria lavoura de safras anteriores, para que possa fazer as devidas comparações.

Ainda conforme o autor, ao contrário do que se poderia pensar, o cálculo do custo de produção não deve ser feito só para fins de política agrícola ou por ocasião do balanço da atividade, devendo ser visto principalmente, como uma ferramenta de gerenciamento da atividade. Assim, somente será possível efetuar o cálculo do custo de produção, se todos os custos forem computados, mesmo que os recursos sejam próprios, de modo que não haja grandes diferenças entre o custo calculado quando todos os recursos são próprios ou quando todos os recursos são alugados.

### 2.9.1 Custo oportunidade

Segundo Cruz (2006 apud COPELAND; LOLLER; MURRIN, 2000), ao analisar o custo de oportunidade se deve observar todo o tipo de investimento monetário possível, independente se for o capital próprio ou capital de terceiros. Esta diferenciação deverá ser tratada de forma isolada e com uma remuneração específica, baseada em seu valor de mercado, devendo levar em conta três critérios a serem observados, no estabelecimento do custo oportunidade: I- Determinar ponderação para a estrutura do capital; II- Estimar o custo oportunidade sobre os capitais de terceiros; III- Estimar o custo oportunidade sobre os capitais próprios.

Já para Zeppelini (2009), o custo oportunidade representa o valor sacrificado pela empresa em termos de remuneração, ao tomar a decisão de aplicar os seus recursos em determinada alternativa ao invés de aplicar em outra, capaz de proporcionar-lhe maior benefício. Podemos dizer também que o custo oportunidade refere-se ao valor líquido de caixa perdido quando se optou por uma alternativa em detrimento de outra.

### 2.9.2 Custos pró-labore

Leite (2008) explana que pró-labore é a retribuição recebida pelo trabalho realizado pelo proprietário o qual é considerada remuneração todas as importâncias pagas ou creditadas pela empresa, a qualquer título, inclusive os ganhos habituais sob a forma de utilidade, destinados a retribuir o seu trabalho. Já Armelin (2011), considera que pró-labore é a remuneração, o montante dos valores pagos ou creditados, mensalmente, ao titular, sócios, diretores ou administradores das empresas, a título de remuneração (retiradas *pró-labore*), fixados livremente e correspondentes à efetiva prestação de serviços. Ainda segundo o autor, resume que é a remuneração do proprietário que presta serviço na exploração da atividade rural, é o total dos valores retirados mensalmente, necessários a atender suas necessidades básicas, para o sustento de si próprio e de seus dependentes.

### 2.9.3 Custos com maquinário

O Instituto de Economia Agrícola de São Paulo (IEA, 2004) traz um trabalho que possibilita ao produtor quantificar os custos com maquinário, incluindo garagem, reparos, combustíveis, lubrificantes, pneus e custos com manutenção, somado ao custo com depreciação do maquinário agrícola. Como este trabalho foi desenvolvido em 2004, os valores do maquinário e de garagem, reparos, combustíveis, lubrificantes, pneus e custos com manutenção, tiveram que ser atualizados, tomando por base os preços equivalentes ao período de Junho de 2013, para comparação da safra 2012/2013 e de abril de 2014, para a safra 2013/2014.

O custo fixo da máquina com depreciação se deu através da multiplicação da depreciação por hora pelas horas de uso anual, especificados no manual do fabricante da máquina. Segundo Cherman (2005), depreciação é a perda de valor de bens físicos em função de: desgaste ou perda de utilidade pelo uso, ação da natureza ou obsolescência.

$$\text{Custo fixo com depreciação} = \text{Depreciação/hora} \times \text{Horas de uso anual} \quad (1)$$

Para se chegar ao custo fixo da máquina com depreciação, deve-se calcular a depreciação por hora, que se dá através da divisão do valor da máquina nova, pela multiplicação da horas de uso anual e o tempo em anos de vida útil da máquina, especificado no manual do fabricante:

$$\text{Depreciação/hora} = \frac{\text{Valor da máquina nova}}{(\text{Horas de uso anual} \times \text{Tempo de vida útil})} \quad (2)$$

Por sua vez, o custo variável do maquinário em cada sistema de cultivo, se dá pela soma dos custos totais com garagem, reparos, combustíveis, lubrificantes, pneus e manutenção da safra.

## 2.10 Relações entre adubação e ambiente

Não apenas como ferramenta para aumento na eficiência de produção, as técnicas de agricultura de precisão devem ser compreendidas como uma forma de manejo sustentável, não prejudicando as reservas naturais e minimizando impactos ao meio ambiente (MANTOVANI et al., 1998). Redução no uso de agroquímicos, maior eficiência de uso dos nutrientes, aumento na eficiência dos insumos aplicados e melhor proteção dos solos contra a degradação (erosão) são frequentemente citados como benefícios potenciais para reduzir o impacto da agricultura ao meio ambiente (ENGEL et al. 1990; LARSON et al., 1991).

Conforme Pierce et. al. (1999), podem ser mencionadas algumas áreas das quais a Agricultura de Precisão poderá contribuir para minimizar o impacto da agricultura ao meio ambiente: a) Redução na aplicação de fertilizantes em áreas cuja capacidade de suprimento de nutrientes dos solos encontra-se em níveis suficientes para o requerimento nutricional das culturas. Isso pode ter efeito a curto prazo em áreas das quais o nitrato residual pode ser utilizado pela cultura, reduzindo a lixiviação ou, a longo prazo, no caso do fósforo, que pode levar vários anos para reduzir os altos níveis desse nutriente no solo. Assim, com a aplicação de doses variáveis de fertilizantes, pode-se ter uma melhor distribuição na área e minimizar o impacto ao meio ambiente; b) Redução no uso de agroquímicos (inseticidas, fungicidas e herbicidas), com a aplicação de doses variáveis. Isso pode ser de grande valor se a maior parte da área não necessitar de aplicação de agroquímicos; c) Minimizar ou mesmo eliminar a aplicação de agroquímicos onde existe potencial para grandes perdas. Isso pode ser conseguido variando a aplicação dos agroquímicos quanto ao tipo, dose e formulação, de acordo com as condições do solo para lixiviação, erosão e volatilização; d) Redução da aplicação de água, em áreas sujeitas a lixiviação, utilizando taxa variável de irrigação; e) Melhorar o controle da erosão, com redução do escoamento superficial da água. Os solos, em determinada área, podem apresentar diferentes graus de suscetibilidade à erosão, fazendo com que a aplicação do manejo específico dos solos e de resíduos de culturas seja desejável.

Conforme a SOSBAI (2010), o uso indevido de fertilizantes pode trazer efeitos prejudiciais não só ao ambiente, especialmente através da contaminação dos recursos hídricos, mas também a própria cultura, no caso o arroz. Traz como

resultado da dinâmica dos solos alagados a emissão de óxido nitroso ( $N_2O$ ), gás do efeito estufa (GEE), emissão de gás metano ( $CH_4$ ) e outro GEE oriundo da degradação de compostos orgânicos.

Ainda, estima-se que em nível global o cultivo de arroz em solos alagados contribua de 15 a 20% de todas as emissões anuais de  $CH_4$ . Quanto as maiores emissões de  $N_2O$  em solos cultivados com arroz irrigado, sucedem às aplicações de uréia e a drenagem do solo.

O uso excessivo de fontes fosfatadas e nitrogenadas, pode causar eutrofização de mananciais hídricos, causando proliferação de algas, como ocasionalmente tem ocorrido com o cultivo do arroz pré-germinado. No entanto, o fósforo se liga fortemente às partículas de solo e as perdas desse nutriente nas lavouras de arroz irrigado são mínimas (1 kg/ha. ano) e insuficientes para causar danos aos mananciais de água, devendo ter cuidados com a perda de sedimentos da lavoura, visto que o fósforo será transportado a outros ambientes, podendo ser dissolvido (SOSBAI, 2010).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudos

A pesquisa se desenvolveu no município de Cachoeira do Sul (Figura 5), região central do RS, na localidade conhecida por Alto dos Cassimiros. Consiste em uma propriedade de 161 ha, destes 84 hectares são de várzeas utilizadas no cultivo de arroz e o restante utilizado na pecuária. As coordenadas geográficas centrais da área do projeto são de 30° 00'33" S latitude e de 52° 47' 54" W longitude.



**Figura 5** – Mapa de localização geográfica da área de estudos.

Fonte: Google Earth.

### 3.2 Características do local de pesquisa

O experimento se desenvolveu na Fazenda Guajuvira, em área já consolidada no cultivo do arroz pré-germinado, com sistema de cultivo tradicional, composta por 28 quadros sistematizados de 3 hectares cada (Figura 6).



**Figura 6** – Quadros utilizados na pesquisa com os locais utilizados para a amostragem de solo.  
Fonte: Google Earth.

O solo classifica-se como Argissolo vermelho distrófico latossólico (EMBRAPA, 1999), com terreno totalmente plano e sem desníveis entre os quadros. A irrigação é oriunda das águas do Rio Jacuí e o maquinário disponível consiste em distribuidor de insumos marca GOMES GHRE 57, Trator New Holland 7630, Trator New Holland TS 6020, Colhedora New Holland TC 55 e demais implementos.

### **3.3 Planejamento da pesquisa**

Na safra 2012/2013, no local de pesquisa foi implantado projeto piloto em apenas um quadro da cultura, para verificar a viabilidade de implantação de um projeto de agricultura de precisão na cultura de arroz irrigado, com o fim de dar subsídios consistentes para implantação da pesquisa, visto tratar-se de capitais particulares de terceiros.

Com os resultados positivos encontrados na safra 2012/2013, a pesquisa foi realizada na safra 2013/2014 em 14 quadros (enumerado de 1 a 14 na Figura 6), onde foram adotadas as técnicas de agricultura de precisão, com maquinário e mão-de-obra disponíveis na propriedade. Teve como testemunha uma gleba da mesma área, cultivada no sistema de cultivo tradicional (quadros 15 ao 28) também com 42 hectares.

Na área de pesquisa foram analisadas 42 amostras de solo, cada uma referente a uma gleba de um hectare, em que foi quantificada individualmente as necessidades de nutrientes, os custos de produção e a produtividade de cada uma das áreas de análise (AA) que foi obtida através de métodos estimativos de colheita manual, conforme metodologia de Knob (2006).

A semeadura (10 de outubro de 2013) e a aplicação de insumos foram realizadas com distribuidor de insumos marca GOMES GHRE 57, sendo plantada a cultivar de arroz EPAGRI 108, mesma das duas safras anteriores que apresenta ciclo tardio (136 a 150 dias), altamente produtiva em condições favoráveis, resistente ao acamamento e a toxidez indireta por ferro, destacando-se por ser resistente às raças de brusone (SOSBAI, 2010).

### **3.4 Análise de solo**

A amostragem de solo foi realizada em 02 de agosto de 2013, onde as 42 análises foram retiradas dos 14 quadros sistematizados existentes e subdivididos em 3 áreas de análise em cada quadro, identificados por área de análise 1 próximo ao canal de esgotamento da água da irrigação, área de análise 2 na região

intermediária e a área de análise 3 próxima ao duto de entrada de água da irrigação de cada quadro.

Para a coleta de solo, foram realizados os seguintes procedimentos: I) Demarcação do ponto de amostragem com o auxílio do receptor de GPS de navegação, marca GARMIN ETREX 30; II) Coleta propriamente dita, sendo a primeira sub-amostra coletada na coordenada central e as demais respectivamente a 2 (dois) metros desta, nas direções norte, sul, leste e oeste;

As amostras foram colocadas em baldes plásticos, secadas à sombra, misturadas e desta retirado uma amostra de aproximadamente 500 gramas as quais foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e encaminhadas para análise químico no laboratório de análises de solo da UNISC, credenciado pelo ROLAS, conforme Boletim Técnico 05/1995. Foram quantificados textura, percentual de argila, pH em água, índice SMP, fósforo, potássio, matéria orgânica, alumínio, cálcio, magnésio, H+Al, CTC efetiva, CTC pH7, saturação de alumínio e saturação de bases.

Na área testemunha, foi coletada 01 (uma) amostra por quadro de 3 (três) hectares, correspondendo a 14 amostras de solo em toda a sua área.

### **3.5 Adubação a taxa variável**

A determinação das necessidades de nutrientes se deu pela interpretação dos laudos de análise de solo, conforme ROLAS, 2004. Na área pesquisada (Agricultura de Precisão), foi previamente convencionado que seria adicionado na área de maior necessidade de nutrientes, a quantidade de  $30 \text{ kg.ha}^{-1}$  de N,  $10 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $15 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , com base na expectativa de resposta em produção, conforme recomendação técnica (SOSBAI, 2010) e nas demais áreas, com menos necessidades, somente a quantidade de nutrientes previstas pela interpretação do laudo de análise de solo. Na área testemunha (Sistema de Cultivo Tradicional), conforme determinação do proprietário foi identificada a maior necessidade de nutrientes de toda a área (14 amostras de solo) e adicionado as mesmas quantidades de nutrientes ( $30 \text{ kg.ha}^{-1}$  de N,  $10 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $15 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ), conforme expectativa de resposta para o todo.

As aplicações foram feitas com distribuidor de insumos marca GOMES GHRE 57, após demarcação com bandeirolas (Figura 7) para guiar o aplicador nas diferentes doses de nutrientes utilizadas em cada *gride* amostral. Na área de cultivo no sistema tradicional (testemunha) a adubação foi feita com o mesmo equipamento, de forma padrão a toda a área.



**Figura 7** – Bandeirolas que identificam os grides de 1 hectare, para aplicação a taxa variável.

Fonte: Bauer, 2014.

Não foi necessária a realização da calagem, visto os níveis de cálcio e magnésio estarem em condições aceitáveis, conforme interpretação dos laudos de análise de solo.

A quantidade total de adubação, foi dividida e 4 aplicações, levando em consideração a interpretação dos laudos de análises de solo.

1ª adubação – feita com adubo NPK fórmula 00-25-20, incorporada ao solo antes da semeadura com enxada rotativa.

2ª adubação – feita com uréia (46-00-00) e aplicada com distribuidor automatizado, no estágio de desenvolvimento vegetativo V3/V4.

3ª adubação – feita com uréia cloretada (30-00-20) e aplicada com distribuidor automatizado, em metade do perfilhamento.

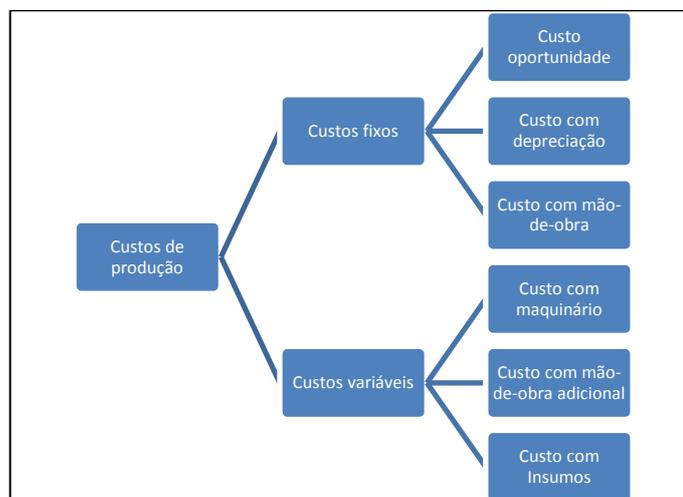
4ª adubação – feita com uréia (46-00-00) e aplicada com distribuidor automatizado, no estágio de desenvolvimento vegetativo R1.

### 3.6 Custos de produção

Os custos de produção foram calculados desde o preparo do solo até a colheita. O fechamento da contabilidade se deu em abril de 2014, quando foram reunidos todos os custos de produção e comparados com a receita da cultura.

Tais custos se deram somente dentro do respectivo ano agrícola e dentro da propriedade, não sendo considerado gastos com transporte e armazenamento, pois tais circunstâncias dependem de uma série de fatores, tendo como exemplo a distância percorrida pelo produto ao seu destino final.

Os custos foram calculados por hectare plantado em cada sistema de cultivo (Agricultura de Precisão e Tradicional), onde os custos fixos representam valor idêntico em ambos os sistemas e os variáveis de acordo com a operação, trabalho e quantidade de insumos utilizados e estão apresentados conforme Figura 8.



**Figura 8 – Custos de Produção.**

Fonte: Bauer, 2014.

#### 3.6.1 Custo fixo com depreciação do maquinário agrícola

A contabilização dos custos com depreciação do maquinário foram incluídos como custos de produção, somente com referência ao respectivo período de estudo (safra 2013/2014), pois os custos com depreciação do maquinário referentes a safra anterior já foram contabilizados e conseqüentemente absorvidos pela lucratividade da respectiva safra.

Para se chegar a um custo fixo final por hectare com depreciação foi somado os custos fixos com depreciação de cada máquina, em separado, que foi utilizada em todo o sistema de cultivo, e deste resultado dividido pela quantidade de área total utilizada na cultura do arroz na propriedade em questão (84 ha).

Como este custo é fixo, e não depende de horas de utilização, sua variabilidade em relação ao sistema agrícola como um todo, somente varia através da diferença de valor de uma máquina e outra, ou pela duração de vida útil e horas anuais trabalhadas decorrentes de especificações do fabricante.

Resumidamente, este custo não apresenta variação que o diferencie de uma atividade ou outra realizada pela máquina, sendo um custo igualitário que foi adicionado como custo de produção com depreciação  $ha^{-1}$ , tanto no sistema de cultivo Tradicional, como no de Agricultura de Precisão.

### 3.6.2 Custo variável com maquinário

O custo variável com maquinário no Sistema de Cultivo Tradicional e no Sistema de Cultivo de Agricultura de Precisão diferencia-se um do outro pelas horas trabalhadas em cada sistema e foi obtido pela contabilização dos custos totais de garagem, reparos, combustíveis, lubrificantes, pneus e manutenção na safra 2013/2014, de cada máquina utilizada na área de pesquisa e dividida pela quantidade total de horas de utilização da máquina em ambos os sistemas de cultivo.

### 3.6.3 Custos com mão-de-obra

A mão-de-obra computada como custo de produção, consistiu somente na atividade que foi diretamente ligada na produção do arroz, dispensando serviços não ligados à produção da respectiva cultura que foram realizados por outros empregados. Diante disso, foi adicionado o custo de dois empregados permanentes, com salários fixos e uma gratificação de seiscentos sacos do produto ao final da colheita e mais dois empregados temporários, sendo um contratado e o outro referente ao Pró-labore do trabalho do proprietário durante os seis meses de produção, com o valor de um salário rural.

Os custos adicionais contabilizados para o Sistema de Agricultura de Precisão foram os custos com as horas trabalhadas pelos empregados em serviços diretamente ligados ao respectivo sistema de cultivo e calculados em separados, contabilizando ao final como custo adicional para o sistema de AP. Os serviços técnicos foram realizados por empregado permanente contratado (Empregado 1) e consistiu na tomada de pontos realizada com o auxílio de um GPS marca GARMIN ETREX 30, onde precedeu os seguintes procedimentos: I) identificação dos pontos para a amostragem de solo; II) Demarcação das bandeirolas que identificaram as posições dos grides amostrais de 1 hectare, para aplicação a taxa variável; III) Localização dos pontos de análise, para a realização da colheita manual, conforme métodos de Knob (2006); IV) Trabalho de coleta, secagem e pesagem dos grãos oriundos da colheita manual; V) Geração de tabelas. Aos mesmos moldes, a contabilização dos custos adicionais dos demais empregados foram computados com base nos serviços exclusivos de Agricultura de Precisão, incluindo inclusive encargos trabalhistas.

Para tornar o presente trabalho mais preciso e confiável, foi criado um livro (caderno), em que cada empregado registrava suas horas de trabalho que se referissem a AP, computando especificamente as horas trabalhadas diretamente no que se refere a implantação da Agricultura de Precisão, registrando também o serviço realizado.

#### 3.6.4 Custos com insumos

Os custos com insumos são provenientes do respectivo ano agrícola em questão (safra 2013/2014) e os preços dos produtos tem como referencia ao mês de junho de 2013.

As amostras de solo foram computadas como custo com insumos, pois são a ele relacionadas, sendo 14 amostras referentes aos quadros plantados no sistema de cultivo tradicional, contabilizando 1/3 do valor da amostra por hectare e 42 amostras referentes aos quadros cultivados no sistema de agricultura de precisão, sendo contabilizado o valor de uma amostra por hectare.

A adubação consistiu em adubo NPK de fórmulas 00-25-20, 46-00-00 e 30-00-20 que foram aplicados de forma diferenciada de acordo com o sistema de cultivo, sendo todos os insumos comprados em uma única empresa local.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Comprovação da viabilidade de implantação de um projeto de agricultura de precisão

Para viabilizar o projeto completo necessitávamos esta análise já que o proprietário da área iria arcar com os custos de implantação se percebe-se resultados econômicos positivos no projeto piloto. Assim, na safra 2012/2013 foi realizado o experimento piloto, para constatação de viabilidade de implantação do projeto de pesquisa em agricultura de precisão na cultura do arroz. Foram analisados os custos de produção por hectare do sistema de cultivo em AP, executado em uma área piloto de 3 hectares, e comparado aos custos de produção por hectare com a área de cultivo tradicional (Tabela 01).

Constatou-se na safra 2012/2013 um custo de produção de R\$5.186,01.ha<sup>-1</sup>, com uma produtividade média de 12.080 kg.ha<sup>-1</sup> para Agricultura de Precisão e R\$5.227,34.ha<sup>-1</sup>, para uma produtividade média de 12.110 kg.ha<sup>-1</sup> para o sistema de cultivo tradicional.

**Tabela 01** – Custos comparativos de implantação entre o sistema de Plantio Tradicional e o sistema de Plantio de Agricultura de Precisão da cultura do arroz irrigado, no sistema pré-germinado, safra 2012/2013.

<b>Custo</b>	<b>Sistema de Plantio Tradicional (R\$ . ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Sistema de Plantio de Agricultura de Precisão (R\$ . ha<sup>-1</sup>)</b>
Custo oportunidade	1.596,00	1.596,00
Custo com depreciação do maquinário	808,72	808,72
Custo com maquinário	1.070,25	1.168,22
Custo com mão-de-obra	640,77	640,77
Custo adicional com mão-de-obra na tomada de pontos	0,00	36,92
Custo adicional com mão-de-obra na plantação e aplicação de insumos	0,00	38,98
Custo com insumos	1.111,60	896,40
<b>Custo total</b>	<b>5.227,34</b>	<b>5.186,01</b>

Fonte: Bauer, 2014.

Quanto a rentabilidade econômica (Tabela 02) constatou-se para a safra 2012/2013 um ganho econômico de R\$ 21,38.ha<sup>-1</sup> no sistema de AP para o sistema de agricultura tradicional. Com referência aos custos de produção, o sistema de agricultura de precisão apresentou uma economia de R\$41,33.ha<sup>-1</sup>, em relação ao sistema de cultivo tradicional. Tais dados foram fundamentais para a autorização do proprietário, para implementação da pesquisa na safra 2013/2014.

**Tabela 02** – Comparação entre a receita (produtividade) e os custos de implantação da cultura do arroz pré-germinado, nos sistemas de cultivo tradicional e de agricultura de precisão, safra 2012/2013.

Sistema de Cultivo	Produtividade (kg.ha <sup>-1</sup> )	Receita <sup>1</sup> (R\$.ha <sup>-1</sup> )	Custo de implantação (R\$.ha <sup>-1</sup> )	Rentabilidade (R\$.ha <sup>-1</sup> )
Tradicional	12.110	8.053,15	5.227,34	2.825,81
Agricultura de Precisão	12.080	8.033,20	5.186,01	2.847,19
Diferença	30	19,95	41,33	<b>21,38</b> <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Preço da saca de arroz R\$ 33,25 (CONAB, junho de 2013); <sup>2</sup> Maior rentabilidade do Sistema de AP em relação ao Sistema de Cultivo Tradicional.

Fonte: Bauer, 2014.

## 4.2 Análise de solo

Superficialmente nota-se que praticamente a necessidade de nutrientes da área do projeto piloto da safra 2012/2013, permanece quase que inalterada se comparada com a mesma gleba de área da safra 2013/2014 (Tabela 03), alterando minimamente somente o teor de fósforo da área de análise 1 e 3 e o teor de potássio da área de análise 2. Com estas observações, pode-se inferir que a área de estudo é bastante homogênea quando a fertilidade do solo, pois não apresenta grandes variações com relação a necessidade de nutrientes de uma safra para outra, ou que, em sistemas de cultivo de solo alagado não há grandes diferenciações na questão de fertilidade do solo, mesmo com adubação localizada de acordo com a necessidade.

A tabela 03 faz referência a área de implantação do projeto piloto (quadro 8) na safra 2012/2013 e traz na sua primeira coluna a identificação das áreas de análise, conforme a safra em estudo e as demais colunas identificam as

necessidades de nitrogênio, fósforo e potássio conforme análise de solo, correlacionando tais dados com a necessidade dos respectivos nutrientes na área de implantação do sistema de cultivo tradicional.

**Tabela 03** – Necessidade de nutrientes por zona de manejo, conforme laudo de análise de solo, na área do projeto piloto, safra 2012/2013, comparada à mesma gleba de área da safra 2013/2014 (quadro 8).

Área de análise	N (kg.ha <sup>-1</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg.ha <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (kg.ha <sup>-1</sup> )
1 - safra 2012/2013	90	30	60
1 - safra 2013/2014	90	40	60
2 - safra 2012/2013	90	40	60
2 - safra 2013/2014	90	40	50
3 - safra 2012/2013	120	60	70
3 - safra 2013/2014	120	70	70
Sistema de cultivo tradicional	120	50	70

Fonte: Bauer, 2014.

Para a safra 2013/2014, constatou-se também que a mesma variação constante da necessidade de nutrientes das áreas de análise 3, repete-se, se comparada a área de cultivo do projeto piloto (quadro 8) da safra 2012/2013. Tal assunto deve ser mais bem estudado em trabalhos futuros, mas em um primeiro momento, pode-se inferir que tal variação se deve em decorrência da área de análise 3 ser a área de entrada de água da irrigação, translocando os nutrientes às áreas de saída de água, sendo visualmente constatado pela necessidade de nutrientes nas zonas de manejo (Tabela 04).

Para minimizar este déficit nutricional em relação ao restante da plantação e tentar padronizar a produtividade das áreas de análise 3, foi acrescentado nesta área, com base na XXVIII Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado (2010), a quantidade 30 kg.ha<sup>-1</sup> de N, 10 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 15 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, metodologia da qual atendeu as expectativas, observando sobre a ótica de produção e economia, referenciando-se as avaliações da área do projeto piloto na safra 2012/2013.

A tabela 04 em sua primeira coluna apresenta a identificação dos quadros da área de pesquisa e nas colunas subsequentes a necessidade de nitrogênio, fósforo e potássio, conforme área de análise, correlacionando às necessidades da área em que foi implantada o sistema de cultivo tradicional. Que igualmente a área que foi

adotado o sistema de cultivo de AP, a necessidade de nutrientes da área de cultivo tradicional, se deu pela interpretação dos laudos de análise de solo, mas diferentemente da anterior, tais necessidades foram apontadas pela maior necessidade das 14 análises de solo, referentes aos 14 quadros, onde desta maior necessidade, foi aplicado de forma padrão ao restante da plantação em questão.

**Tabela 04** – Necessidade de nutrientes por Área de Análise, conforme laudo de análise de solo (NPK), safra 2013/2014.

Quadro	Área de análise 1	Área de análise 2	Área de análise 3
	(kg.ha <sup>-1</sup> ) N – P – K	(kg.ha <sup>-1</sup> ) N – P – K	(kg.ha <sup>-1</sup> ) N – P – K
1	90 – 30 – 50	90 – 40 – 50	120 – 50 – 70
2	90 – 40 – 50	90 – 40 – 50	90 – 50 – 70
3	90 – 40 – 50	90 – 40 – 50	120 – 50 – 70
4	90 – 40 – 60	90 – 40 – 50	90 – 50 – 70
5	90 – 40 – 60	90 – 40 – 50	120 – 50 – 70
6	90 – 30 – 50	90 – 40 – 50	120 – 70 – 90
7	90 – 40 – 60	90 – 40 – 50	120 – 50 – 70
8	90 – 40 – 60	90 – 40 – 50	120 – 50 – 70
9	90 – 50 – 60	90 – 30 – 50	120 – 50 – 70
10	90 – 40 – 60	90 – 40 – 60	120 – 50 – 70
11	90 – 40 – 50	90 – 40 – 60	120 – 50 – 70
12	90 – 40 – 60	120 – 40 – 50	120 – 50 – 70
13	90 – 30 – 50	120 – 40 – 50	120 – 50 – 70
14	90 – 30 – 50	120 – 40 – 50	90 – 50 – 70
Média aproximada	90 – 38 – 55	97 – 40 – 52	144 <sup>2</sup> – 78 <sup>2</sup> – 90 <sup>2</sup>

Sistema de cultivo tradicional 120 – 50 – 70

Fonte: Bauer (2014).

O ajuste da adubação ocorreu conforme laudo de análise de solo e a formulação do adubo se deu conforme necessidade da plantação e disponibilidade do produto no mercado local, levando em conta o fator econômico (Tabela 05).

As quantidades de adubação no sistema de cultivo tradicional tomaram-se por base a maior necessidade de nutrientes da área, conforme laudo de análise de solo, acrescida a toda área o adicional de nutrientes com base na expectativa de resposta em produtividade da cultura (30 kg.ha<sup>-1</sup> de N, 10 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 15 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), bem como as áreas de análise (AA) 3.

A tabela 05 em sua primeira coluna traz a identificação dos quadros da área pesquisada e nas quatro colunas posteriores identificam as áreas de análise (AA) com suas respectivas necessidades de adubação, conforme especificação, sendo

aplicada de forma diferenciada, de acordo com a área de análise. A última linha da tabela representa a necessidade de adubação do Sistema de Cultivo Tradicional (Área testemunha), que foi aplicada de forma padrão a toda à área.

**Tabela 05 – Adubação da área experimental no sistema de cultivo de agricultura de precisão na safra 2013/2014, conforme a necessidade da Área de Análise (AA).**

Identificação dos Quadros	1ª Aplicação <sup>1</sup>	2ª Aplicação <sup>2</sup>	3ª Aplicação <sup>3</sup>	4ª Aplicação <sup>4</sup>
	Adubo 00-25-20 (kg.ha <sup>-1</sup> )	Uréia 46-00-00 (kg.ha <sup>-1</sup> )	Uréia <sup>5</sup> 30-00-20 (kg.ha <sup>-1</sup> )	Uréia 46-00-00 (kg.ha <sup>-1</sup> )
	AA1 - AA2 - AA3 <sup>6</sup>	AA1 - AA2 - AA3 <sup>6</sup>	AA1 - AA2 - AA3 <sup>6</sup>	AA1 - AA2 - AA3 <sup>6</sup>
Quadro 1	120 - 160 - 240	60 - 60 - 100	130 - 90 - 190	60 - 60 - 100
Quadro 2	160 - 160 - 240	70 - 70 - 70	90 - 90 - 190	70 - 70 - 70
Quadro 3	160 - 160 - 240	70 - 70 - 100	90 - 90 - 190	70 - 70 - 100
Quadro 4	160 - 160 - 240	60 - 60 - 70	140 - 90 - 190	60 - 60 - 70
Quadro 5	160 - 160 - 240	60 - 60 - 100	140 - 90 - 190	60 - 60 - 100
Quadro 6	120 - 160 - 280	60 - 60 - 90	130 - 90 - 240	60 - 60 - 90
Quadro 7	160 - 160 - 240	60 - 60 - 100	140 - 90 - 190	60 - 60 - 100
Quadro 8	160 - 160 - 240	60 - 60 - 100	140 - 90 - 190	60 - 60 - 100
Quadro 9	200 - 120 - 240	70 - 70 - 100	100 - 130 - 190	70 - 70 - 100
Quadro 10	160 - 160 - 240	60 - 60 - 100	140 - 140 - 190	60 - 60 - 100
Quadro 11	160 - 160 - 240	70 - 70 - 100	90 - 140 - 190	70 - 70 - 100
Quadro 12	160 - 160 - 240	60 - 90 - 100	140 - 90 - 190	60 - 90 - 100
Quadro 13	120 - 160 - 240	60 - 90 - 100	130 - 90 - 190	60 - 90 - 100
Quadro 14	120 - 160 - 240	60 - 70 - 90	130 - 90 - 190	60 - 70 - 90
Sistema de cultivo tradicional <sup>6</sup>	240	130	200	100

<sup>1</sup> 1ª Aplicação – incorporada com enxada rotativa antes da semeadura (15 de setembro de 2013); <sup>2</sup> 2ª Aplicação – aplicada no estágio de desenvolvimento vegetativo V3/V4; <sup>3</sup> 3ª Aplicação – aplicada em metade do perfilhamento; <sup>4</sup> 4ª Aplicação – aplicada no estágio de desenvolvimento reprodutivo R<sub>1</sub>; <sup>5</sup> Uréia Cloretada; <sup>6</sup> Com a adição de nutriente, com base na expectativa de resposta em produção (30 kg.ha<sup>-1</sup> de N, 10 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 15 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O).

Fonte: do autor.

### 4.3 Custo com mão-de-obra

Quanto a mão-de-obra (Tabela 06), foi constatado que no local da pesquisa, no cultivo do arroz no sistema pré-germinado que foi viável se implantar a Agricultura de Precisão, sem ter que dispor de mão-de-obra suplementar para a sua implantação.

No caso em questão, como a propriedade dispunha de um técnico contratado permanentemente (Empregado 1), como forma didática foi calculado somente as

horas de trabalho realizado na atividade de AP e incorporado tal ônus, como custo de produção adicional, por hectare de trabalho, sendo tais horas controladas por um livro (caderno) em que o empregado registrava todas as suas atividades que fossem ligadas exclusivamente ao sistema de agricultura de precisão.

A tabela 06 mostra o custo de produção total com mão-de-obra, referente a totalidade de lavoura (84 hectares), onde é apresentada com quatro empregados, sendo dois contratados pelo período anual e dois temporários, contratados pelo período de seis meses, onde destes um corresponde ao pró-labore do proprietário. Dois empregados, conforme especificações recebem em dinheiro, de acordo com o valor da saca de arroz, a porcentagem de 300 e 200 sacos, sendo ao fim da tabela visualizado o valor da hora de trabalho de cada empregado com o fim de se estabelecer posteriormente, o custo com mão-de-obra de acordo com o sistema de cultivo em que ele executou seu trabalho. Ao final da tabela, verifica-se um custo fixo total com mão-de-obra por hectare, correspondente a totalidade da lavoura e aplicada a ambos os sistemas de cultivo.

**Tabela 06 – Custo de produção com mão-de-obra na safra 2013/2014.**

Descrição do funcionário	Período de contrato	Salário mensal <sup>2</sup> (R\$)	Porcentagem Sacos de arroz <sup>3</sup>	Total de recebimento por safra (R\$)	Salário por hora de trabalho (R\$) <sup>4</sup>
Empregado 1 (Gerente/Técnico)	anual	1200,00	300	24.990,00	9,46
Empregado 2 (Permanente)	anual	950,00	200	18.460,00	6,99
Empregado 3 (Temporário)	semestral	950,00	-	5.700,00	4,31
Empregado 4 (Pró-labore)	semestral	950,00	-	5.700,00	4,31
Custo total com mão-de-obra (R\$)					54.850,00
Custo total com mão de obra ha <sup>-1</sup> (referente a 84 ha)					<b>652,97</b>

<sup>1</sup> Data base de cálculo Abril de 2014; <sup>2</sup> Incluindo encargos trabalhistas; <sup>3</sup> Valor da saca em Abril de 2014 (R\$ 35,30); <sup>4</sup> Conforme carga horária de trabalho de 8 horas/dia e 220 horas mensais.

Fonte: do autor.

Quanto aos custos com mão-de-obra na tomada de pontos e nos procedimentos de execução para a colheita manual no sistema de Agricultura de Precisão, resultaram em um consumo de 55 horas de serviço correspondente ao empregado 01, totalizando um custo total com a atividade de R\$ 520,30, referente a 42 hectares (área de pesquisa), totalizando um custo de R\$ 12,38 ha<sup>-1</sup>.

Às horas trabalhadas na plantação e aplicação de insumos (Tabela 07), foram obtidas através de uma média das horas trabalhadas em operações de forma

tradicional e das horas trabalhadas em operações de Agricultura de Precisão, chegando a um tempo com mão-de-obra por hectare, referente a cada modalidade de cultivo. Deste tempo médio de trabalho por hectare em ambos os sistemas de cultivo, foi feito à subtração do tempo de trabalho no sistema de AP (3 horas e 54 minutos), pelo tempo de trabalho sistema de cultivo tradicional (2 horas e 51 minutos), resultando a uma diferença que para fins de cálculos contábeis foi acrescentado como custo adicional de produção no sistema de cultivo de Agricultura de Precisão. Visualiza-se que com a implantação do sistema de Agricultura de Precisão, tem-se um acréscimo de mão-de-obra de aproximadamente (2 horas) de trabalho de 2 (dois) empregados (Empregado 2 e 3) por hectare, o qual totalizou um custo adicional de R\$ 11,30 ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 07** – Custo de produção com mão-de-obra na plantação e aplicação de insumos, safra 2013/2014.

Descrição da Operação <sup>1</sup>	Tamanho da área	Tempo de operação	Tempo médio ha <sup>-1</sup>
Operação na forma tradicional	42 ha	120 horas	2 horas e 51 minutos
Operação a taxa variável	42 ha	165 horas	3 horas e 54 minutos
Diferença		Aproximadamente 1 hora	
		1 hora X R\$ 6,99 <sup>2</sup> (Empregado 02) = R\$ 6,99	
		1 hora X R\$ 4,31 <sup>2</sup> (Empregado 03) = R\$ 4,31	
Custo adicional de mão-de-obra no sistema de AP ha <sup>-1</sup> <b>R\$ 11,30</b>			

<sup>1</sup> Realização por 2(dois) empregados; <sup>2</sup> Conforme Tabela 14

Fonte: do autor.

#### 4.4 Custo com depreciação do maquinário

O custo fixo de depreciação do maquinário agrícola (Tabela 08), foi calculado somente sobre os maquinários que foram utilizados na respectiva safra, sendo iguais para ambos os sistemas de cultivo, constituindo R\$ 808,72.ha<sup>-1</sup>.

Os preços de referencia de cada máquina foram tomados no mês de janeiro de 2014, em empresas locais, tomando por base o valor do bem novo. Tal forma de calculo se faz necessária, visto que a máquina quando comprada nova, apresenta um valor que diminui ao longo dos anos, sendo este valor incluído como custo de

produção, que deve ser absorvida pela lucratividade da respectiva safra, devido a dilapidação do patrimônio do empreendedor. Com o cálculo da depreciação, ano após ano se reserva parte do valor do bem dos lucros do empreendimento, como forma de subsídio quando este se tornar inservível ao longo do tempo, servido este valor para renovar o maquinário.

**Tabela 08 – Custo com depreciação do maquinário, na safra 2013/2014.**

Máquina/implemento	Valor do Novo (R\$) <sup>1</sup>	Horas de uso anual/anos de vida útil	Depreciação/hora (R\$) <sup>2</sup>	Custo fixo/máquina (R\$) <sup>3</sup>
Carreta graneleiro	13.800,00	480/10	2,87	1.377,60
Carreta agrícola	5.600,00	600/10	0,93	558,00
Colhedora de cereais	283.000,00	480/15	39,30	18.864,00
Conjunto de irrigação	41.000,00	720/10	5,69	4.096,80
Conj. Pulve. e Adubação	155.000,00	1000/10	15,50	15.500,00
Entaipadeira	11.150,00	480/10	2,32	1.113,60
Enxada rotativa	13.000,00	480/5	5,41	2.596,80
Grade aradora	11.000,00	200/7	7,85	1.570,00
Grade niveladora	6.700,00	200/7	4,78	956,00
Trator 105 cv	101.000,00	1000/10	10,10	10.100,00
Trator 110 cv	112.000,00	1000/10	11,20	11.200,00
Custo com depreciação total do maquinário na safra 2013/2014				67.932,80
Custo com depreciação ha <sup>1</sup> do maquinário na safra 2013/2014 (Referente a 84 ha)				<b>808,72</b>

<sup>1</sup> A tomada de preços foi realizada em empresa local, tomando por base o valor da máquina nova, referente a janeiro de 2014; <sup>2</sup> Valor oriundo da divisão do valor da máquina nova, pelo produto das horas de uso anual pelo tempo de uso em anos, especificados no manual do fabricante; <sup>3</sup> Valor oriundo do produto das horas de uso anual pela depreciação por hora.

Fonte: Instituto de Economia Agrícola de São Paulo e adaptado pelo autor.

A tabela 08 especifica em sua primeira coluna a descrição do bem utilizado no cultivo, trazendo na segunda coluna o valor do bem, tomando por referência o valor do produto novo, referente ao mês de janeiro de 2014. Na terceira coluna a identificação das horas de uso anual, bem como, o tempo de vida útil da máquina em anos, os quais se encontram no manual do fabricante, resultando assim na quarta coluna que é o valor da depreciação por hora, o qual foi obtido através da divisão do valor da máquina nova pelo produto das horas de uso anuais com o tempo de vida útil em anos. A quinta e última coluna prevê o custo final por máquina no respectivo ano agrícola com depreciação, tendo ao final como resultado da soma dos custos com depreciação de todas as máquinas utilizadas no sistema de cultivo, um custo total com depreciação, que como não se diferencia nem pela forma e nem

pelo tempo de utilização, é igualitário em ambos os sistemas de cultivo, sendo então dividido pela quantidade de área de utilização do maquinário, resultando assim num custo com depreciação do maquinário de R\$ 808,72.ha<sup>-1</sup>, fixo para ambos os sistemas de cultivo.

#### **4.5 Custo com maquinário**

Os custos com maquinários foram tomados separadamente de acordo com o sistema de cultivo, relacionando a quantidade de horas trabalhadas por máquina na safra em cada sistema e o custo horário sem depreciação da máquina. Na tabela 09 que se refere ao sistema de cultivo tradicional e na tabela 10 ao sistema de cultivo de Agricultura de Precisão, para a safra 2013/2014, na primeira coluna consta a descrição do maquinário utilizado no respectivo ano agrícola. A segunda coluna expõe o custo horário sem depreciação de cada máquina, que é oriundo da divisão do custo total de garagem, reparos, combustíveis, lubrificantes, pneus e custos com manutenção de cada uma, pela quantidade total de horas trabalhadas na safra em ambos os sistemas de cultivo, resultando em um custo único (R\$.hora).

Já a terceira coluna discrimina as horas trabalhadas por cada máquina conforme o sistema de cultivo, resultando da sua multiplicação pelo custo horário sem depreciação a um custo total por máquina em cada sistema de cultivo (coluna 5). Ao somar estes custos por máquina chega-se a um custo total com maquinário, diferenciado de acordo com o sistema de cultivo, que dividido pela quantidade de área do respectivo sistema de análise chega-se a um custo com maquinário por hectare.

Na respectiva safra obteve-se um custo com maquinário de R\$ 1.063,35 .ha<sup>-1</sup> no sistema de cultivo tradicional e de R\$ 1.115,40 no sistema de cultivo de Agricultura de Precisão, representando neste um custo superior de 4,8% em relação ao primeiro.

**Tabela 09 – Custo com maquinário, no sistema de cultivo tradicional durante a safra 2013/2014.**

Máquina/implemento	Custo horários s/depreciação(R\$) <sup>1</sup>	Horas trabalhadas na safra <sup>2</sup>	Custo total por máquina na safra (R\$)
Carreta graneleiro	0,81	155	125,55
Carreta agrícola	0,65	55	35,75
Colhedora de cereais	79,08	120	9.489,60
Conjunto de irrigação	15,38	1079 <sup>3</sup>	16.595,02
Conj. Pulve. e Adubação	42,13	120	5.055,60
Entaipadeira	2,32	9	20,88
Enxada rotativa	7,39	21	155,19
Grade aradora	5,73	19	108,87
Grade niveladora	1,72	45	77,40
Trator 105 cv	39,26	177	6.949,02
Trator 110 cv	38,77	156	6.048,12
Custo total com maquinário no sistema de cultivo tradicional na safra 2013/2014 (R\$)			44.661,00
Custo com maquinário ha <sup>-1</sup> (Referente a 42 ha) (R\$)			1.063,35

<sup>1</sup> Neste valor incluem garagem, reparos, combustíveis, lubrificantes, pneus e custos com manutenção, somente durante a safra 2013/2014; <sup>2</sup> Horas trabalhadas por implemento na propriedade no respectivo ano de cultivo; <sup>3</sup> Valor da média das horas totais de utilização da máquina, pela quantidade de área de cada sistema de cultivo.

Fonte: Instituto de Economia Agrícola de São Paulo e adaptado pelo autor.

#### 4.6 Custos com insumos

Os custos com insumos (Tabela 11 e 12) foram calculados tomando por base o valor do produto referente ao mês de junho de 2013, com os custos incorporados especificamente em cada sistema de cultivo.

O sistema de cultivo de agricultura de precisão, com uma amostra de solo .ha<sup>-1</sup> demonstrou uma economia na aplicação do adubo 00 – 25 – 20 de 23%, do adubo 46 – 00 – 00 (uréia) de 34% e do adubo 30 – 00 – 20 (uréia cloretada) de 35%, diante do sistema de cultivo tradicional, com 1 amostra a cada 3 hectares.

A tabela 11 que representa o sistema de cultivo tradicional e a tabela 12 que representa o sistema de agricultura de precisão constam na sua primeira e na segunda colunas a descrição e a quantidade dos insumos utilizados na respectiva safra. Na terceira coluna o valor do produto e a quantidade disponibilizada por embalagem, onde na quarta coluna consta o valor por unidade de produto que quando multiplicada pela quantidade de insumo utilizado, chega-se ao valor total gasto com o respectivo insumo (coluna 5).

**Tabela 10** – Custo com maquinário, no sistema de cultivo de Agricultura de Precisão durante a safra 2013/2014.

Máquina/implemento	Custo horários/depreciação (R\$) <sup>1</sup>	Horas trabalhadas na safra <sup>2</sup>	Custo total por máquina na safra (R\$)
Carreta graneleira	0,81	150	121,50
Carreta agrícola	0,65	55	35,75
Colhedora de cereais	79,08	126	9.964,08
Conjunto de irrigação	15,38	1079 <sup>3</sup>	16.595,02
Conj. Pulve. e Adubação	42,13	165	6.951,45
Entaipadeira	2,32	9	20,88
Enxada rotativa	7,39	25	184,75
Grade aradora	5,73	20	114,60
Grade niveladora	1,72	43	73,96
Trator 105 cv	39,26	140	5.496,40
Trator 110 cv	38,77	188	7.288,76
Custo total com maquinário no sistema de cultivo de AP na safra 2012/2013			46.847,15
Custo com maquinário ha <sup>-1</sup> (Referente a 42 ha)			1.115,40

<sup>1</sup> Neste valor incluem garagem, reparos, combustíveis, lubrificantes, pneus e custos com manutenção, somente durante a safra 2013/2014; <sup>2</sup> Horas trabalhadas por implemento na propriedade; <sup>3</sup> Valor da média das horas totais de utilização da máquina, pela quantidade de área de cada sistema de cultivo. Fonte: Instituto de Economia Agrícola de São Paulo e adaptado pelo autor.

**Tabela 11** – Custo de produção com insumos ha<sup>-1</sup>, na cultura do arroz pré-germinado, do sistema de cultivo de Agricultura de Precisão, na safra 2013/2014.

Insumo	Quantidade (ha <sup>-1</sup> )	Valor do Produto (R\$ / quantidade) <sup>1</sup>	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Semente EPAGRI 108	120 kg	R\$ 1,70 / kg	1,70	204,00
Adubo 00-25-20	184 kg	R\$ 52,20 / 50 kg	1,04	191,36
Adubo 46-00-00	150 kg	R\$ 69,00 / 50 kg	1,38	207,00
Adubo 30-00-20	130 kg	R\$ 63,00 / 50 kg	1,26	163,80
Herbicida (KIFIX)	0,1 kg	R\$ 285,00 / kg	285,00	28,50
Inseticida (FURADAN 50G)	6 kg	R\$ 11,00 / kg	11,00	66,00
Fungicida (EMINENT)	0,5 l	R\$ 60,00 / l	60,00	30,00
Fungicida (PRIORI)	0,5	R\$ 75,00 / l	75,00	37,50
Amostras de solo	1	R\$ 31,80 / amostra	31,80	31,80
Custo total com Insumos ha <sup>-1</sup> (R\$), no sistema de cultivo de AP:				<b>959,96</b>

<sup>1</sup> Referente a Junho de 2013.

Fonte: Bauer, 2014.

Como a necessidade dos insumos especificados nas respectivas tabelas são por hectare, com a sua soma obteve-se o custo total com insumos de acordo com o sistema de cultivo, cabendo ressaltar que para o sistema de cultivo tradicional foi contabilizado 1/3 do valor em análises do solo, tendo em vista que foi realizada uma análise a cada três hectares e para o sistema de AP uma amostra por hectare.

O custo de produção com insumos para o sistema de Agricultura de Precisão foi de R\$ 959,96.ha<sup>-1</sup>, o qual representou uma economia de 19,7% em relação ao sistema de cultivo tradicional que foi de R\$ 1.195,60.ha<sup>-1</sup>.

#### 4.7 Custo total de produção

O custo oportunidade consistiu na incidência de 20% sobre a produção média de cada sistema de cultivo, sendo de 11.900 kg.ha<sup>-1</sup> para o sistema de Agricultura de Precisão e 11.980 kg.ha<sup>-1</sup> para o sistema tradicional, tendo por base o preço de R\$ 35,30 o saco de arroz de 50 kg (CEPEA, Abril 2014). A Tabela 12 apresenta o resumo do custo total de produção.

**Tabela 12** – Custos comparativos de implantação entre o sistema de Plantio Tradicional e o sistema de Plantio de Agricultura de Precisão da cultura do arroz irrigado, no sistema pré-germinado em Cachoeira do Sul - RS, safra 2013/2014.

Custo	Sistema de Cultivo Tradicional (R\$ . ha <sup>-1</sup> )	Sistema de Cultivo de Agricultura de Precisão (R\$ . ha <sup>-1</sup> )
Custo oportunidade	1.691,57	1.680,28
Custo com depreciação do maquinário	808,72	808,72
Custo com maquinário	1.063,35	1.115,40
Custo com mão-de-obra	652,97	652,97
Custo adicional com mão-de-obra na tomada de pontos	0,00	12,38
Custo adicional com mão-de-obra na plantação e aplicação de insumos	0,00	11,30
Custo com insumos	1.195,60	959,96
<b>Custo total (R\$ . ha<sup>-1</sup>), da cultura do arroz no sistema pré-germinado, na safra 2013/2014.</b>	<b>5.412,21</b>	<b>5.241,01</b>

Fonte: Bauer, 2014.

O custo com depreciação do maquinário foi aplicado de forma padrão a ambos os sistemas de cultivo, tomando por base a totalidade da área plantada e contabilizada por hectare cultivado.

Os custos com maquinários foram tomados em separado de acordo com o sistema de cultivo, correlacionando os custos com garagem, reparos, combustíveis, lubrificantes, pneus e custos com manutenção às horas de uso de cada máquina.

Os custos com mão-de-obra totais foram computados de forma igualitária, enquanto que custos de mão-de-obra em serviços adversos da agricultura tradicional foram computados como serviço adicional, somando como custo de produção no sistema de Agricultura de Precisão.

Os custos totais de implantação da cultura do arroz, no sistema pré-germinado foram de R\$ 5.241,01.ha<sup>-1</sup> para o sistema de cultivo de Agricultura de Precisão e R\$ 5.412,21.ha<sup>-1</sup> para o sistema de cultivo tradicional (Tabela 12).

#### 4.8 Produtividade das áreas de análise

A produtividade das áreas de análise foi obtida através dos métodos de estimativa de colheita manual, propostos por Knob (2006), com modificações para adequar a presente pesquisa. Ao centro de cada área de análise com auxílio de uma foice e de um quadro construído de madeira de 50 cm x 50 cm (Figura 9), que correspondem a 0,25m<sup>2</sup>, as espigas de arroz foram cortadas manualmente.

Após cortadas, as espigas (Figura 10) de cada área amostral foi identificada, sendo posteriormente realizada a debulha manual e a pesagem dos grãos. A produtividade final (kg.ha<sup>-1</sup>) de cada área amostral foi obtida depois do cálculo de uma regra de três simples, da média do peso das sub-amostras coletadas numa área de 0,25 m<sup>2</sup>, com referência a área em metros do hectare (10.000 m<sup>2</sup>).



**Figura 9** – Material utilizado para colheita manual.  
Fonte: Bauer, 2014.



**Figura 10** – Identificação das amostras.  
Fonte: Bauer, 2014.

A produtividade média da área pesquisada com agricultura de precisão foi de  $11.900 \text{ kg.ha}^{-1}$  e para a área de sistema de cultivo tradicional foi de  $11.980 \text{ kg.ha}^{-1}$ , as quais se deram em separado através de colheita mecanizada, sendo através delas efetuado os cálculos de custos e lucratividade.

Nota-se que mesmo sem repetições efetuadas, na área em que foi realizado o estudo de viabilidade para implantação da respectiva pesquisa, se constatou uma menor produtividade nas AA3, fato que já havia sido constatado visualmente no local em safras anteriores.

Em safras anteriores, como o objetivo do proprietário da área é alta produtividade, efetuava-se uma análise de solo por quadro de três hectares, tomando-se por base para adubação a maior necessidade e adicionando ainda mais nutrientes com base na expectativa de resposta em produção. Desta forma, para esta pesquisa se convencionou com base na constatação visual e pela análise da produtividade da área do Projeto Piloto na safra 2012/2013, que somente nas áreas de análise 3, seria aplicado o adicional de nutrientes com base na expectativa da resposta, para corrigir o déficit em produtividade da AA3 em relação as AA1 e AA2.

Na área de pesquisa, através da visualização da tabela de produtividade (Tabela 13) e utilizando como parâmetro para o análise de produtividade os métodos de estimativa de colheita manual, constatou-se a diminuição da variação de produtividade entre as áreas de análise.

A tabela 13 expressa a produtividade média das áreas de análise, obtidas através de estimativa de colheita manual, onde a primeira coluna identifica os quadros sistematizados e as demais colunas identificam as áreas de análise (AA), que representam as suas produtividades de acordo com o grid analisado.

**Tabela 13** – Produtividade da área de pesquisa, safra 2013/2014.

Quadro de plantio	Área de análise 1 <sup>1</sup> (kg.ha <sup>-1</sup> )	Área de análise 2 <sup>1</sup> (kg.ha <sup>-1</sup> )	Área de análise 3 <sup>1</sup> (kg.ha <sup>-1</sup> )
1	12.120	12.100	12.020
2	12.100	12.100	12.020
3	12.060	12.080	11.940
4	12.180	12.160	12.100
5	12.120	12.120	12.080
6	11.920	11.940	11.880
7	12.020	11.980	12.020
8	12.180	12.120	12.060
9	12.120	12.180	12.000
10	12.100	12.000	12.020
11	11.960	12.020	11.880
12	11.960	12.020	11.940
13	12.140	12.060	12.080
14	12.080	11.980	11.920
Produtividade média	12.075	12.060	11.997
Produtividade média da Área de AP <sup>2</sup>	11.900 kg.ha <sup>-1</sup>		
Produtividade média Área de Cultivo Tradicional <sup>2</sup>	11.980 kg.ha <sup>-1</sup>		

<sup>1</sup> Colheita estimada pelos métodos estatísticos de colheita de Knob (2006); <sup>2</sup> Colheita mecanizada - produtividade média real.

Fonte: Bauer, 2014.

#### 4.9 Receita comparada da área de pesquisa

A comparação entre a receita e os custos de implantação da cultura do arroz pré-germinado, nos sistemas de cultivo tradicional e de agricultura de precisão (Tabela 14), teve por base a produtividade média em cada sistema de cultivo, multiplicado pela valor de R\$ 35,30 a saca de 50 kg do produto (CEPEA, abril de 2014), restando uma receita de R\$ 8.457,88 para o sistema de cultivo tradicional e de R\$ 8.401,40 para o sistema de cultivo de AP.

**Tabela 14** – Comparação entre a receita (produtividade) e os custos de implantação da cultura do arroz pré-germinado, nos sistemas de cultivo tradicional e de agricultura de precisão, safra 2013/2014.

Sistema de Cultivo	Produtividade <sup>1</sup> (kg.ha <sup>-1</sup> )	Receita (R\$.ha <sup>-1</sup> )	Custo de implantação (R\$.ha <sup>-1</sup> )	Rentabilidade(R\$.ha <sup>-1</sup> )
Tradicional	11.980	8.457,88	5.412,21	3.045,67
Agricultura de Precisão	11.900	8.401,40	5.241,01	3.160,39
Diferença	80	56,48	171,20	114,72 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Preço da saca de arroz R\$ 35,30 (CEPEA, abril de 2014); <sup>2</sup> Maior rentabilidade do Sistema de AP em relação ao Sistema de Cultivo Tradicional.

Fonte: Bauer, 2014.

Os custos de implantação englobaram custo oportunidade, custo com depreciação do maquinário, custo com maquinário, custo com mão-de-obra, custos adicional na tomada de pontos, custo adicional com mão-de-obra na plantação e aplicação de insumos e custos com insumos, resultando em um custo de implantação de R\$ 5.412,21 para o sistema de cultivo tradicional e R\$ 5.241,01 para o sistema de cultivo de AP, tendo este um custo de implantação de R\$ 171,20 .ha<sup>-1</sup> inferior ao sistema de cultivo tradicional, representando uma economia de 3,1%.

Analisando a rentabilidade entre os sistemas de cultivo, nota-se uma rentabilidade de R\$ 3.045,67 .ha<sup>-1</sup> para o sistema tradicional e de R\$ 3.160,39 .ha<sup>-1</sup> para o sistema de AP, demonstrando uma receita líquida adicional de R\$ 114,72 .ha<sup>-1</sup> deste em relação ao sistema de cultivo tradicional, o que representa 3,6% superior ao sistema de cultivo tradicional.

## 5 CONCLUSÕES

Este trabalho nos leva a concluir que neste caso foi viável a implantação da Agricultura de Precisão na cultura do arroz no sistema pré-germinado, sem que haja a necessidade de aquisição de novos equipamentos e nem contratação de mão-de-obra adicional, tendo como parâmetro o ponto de vista técnico e econômico, devido o seu custo de implantação ser inferior ao custo de implantação da agricultura tradicional neste mesmo sistema.

Entre os principais benefícios da agricultura de precisão estão:

- o gerenciamento dos recursos econômicos envolvidos no sistema produtivo, avaliando a sua eficiência dentro do sistema;
- a possibilidade do uso racional de insumos, trazendo economia ao produtor;
- maior lucratividade por hectare plantado, devido a relação produtividade X custos de produção;
- uso adequado de fertilizantes, que podem trazer efeitos prejudiciais ao ambiente, especialmente mananciais hídricos no que dizem respeito a adubação nitrogenada e fosfatada.

No ponto de vista econômico, nota-se que mesmo com uma menor produtividade média do Sistema de Cultivo de AP ( $11.900 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) para o Sistema de Cultivo Tradicional ( $11.980 \text{ kg.ha}^{-1}$ ), o Sistema de Agricultura de Precisão possuiu um custo de implantação 0,67% menor que o Tradicional e uma rentabilidade de 2,4% superior a este sistema.

Ambientalmente, o Sistema de Cultivo de Agricultura de Precisão necessitou uma carga de nutrientes de 26,6% a menos de N, de 13,3% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 22,3% de  $\text{K}_2\text{O}$ , representando uma economia financeira de 31,4% somente com adubação relacionado ao Sistema de Cultivo Tradicional.

Os métodos de estimativa de colheita manual de Knob (2006) se mostram perfeitamente utilizáveis para a determinação da produtividade teórica das áreas de análise do local de pesquisa, principalmente por se tratar de quadros sistematizados de pequenas dimensões. Aparentemente em áreas com menores dimensões, tal método se mostrará mais eficaz do que se a estimativa de colheita se desse de

forma eletrônica, devido que neste caso a colhedora teria que realizar várias manobras para realizar a operação e que, além disso, invariavelmente não alcançaria o seu máximo potencial de largura de corte, podendo mascarar bastante os índices de produtividade da área.

Quanto à geração de mapas de produtividade na forma de tabelas com áreas de análise georreferenciadas e identificadas previamente apresentaram, neste caso em concreto, um ótimo grau de confiabilidade e eficiência para interpretação de áreas deficitárias, principalmente em áreas sistematizadas de cultivo de arroz, visto se tratarem de áreas que apresentam bastante homogeneidade tanto no ponto de vista nutricional, como no fator produtividade.

Com referencia a geração de mapas de fertilidade e aplicação na forma de tabelas com áreas de análise georreferenciadas e identificadas previamente com marcações físicas (bandeirolas), se apresentaram de forma eficiente, principalmente por se tratar de área relativamente pequena (42 área de análise). Seu principal benefício está na facilidade de interpretação de seus dados, que com o simples mapa ilustrativo da área, pode-se visualizar a necessidade de nutrientes a ser aplicado em determinado local, se mostrando no caso em questão extremamente eficiente, levando em conta que para o seu desenvolvimento, não se necessita nenhum outro equipamento a ser adquirido além de um GPS para a identificação das áreas de análise e de um computador, dispensando o equipamento específico de AP, para a geração da tabela, podendo ser utilizado para a respectiva aplicação o próprio maquinário existente e disponível na propriedade para o sistema de agricultura tradicional.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

No corpo deste trabalho, nos deparamos com uma série de dados que estabelecem parâmetros e dão base ao produtor, para que adote novas tecnologias para fortalecer o seu empreendimento. Em contrapartida, adotar tais procedimentos são ainda muito prematuros por parte dos produtores, visto que a bibliografia e a tecnologia para a agricultura de precisão no cultivo do arroz pré-germinado, sem se utilizar de alta tecnologia é muito escassa e ainda não possui subsídios consistentes para a sua adoção no ponto de vista técnico/econômico.

A agricultura de precisão apresenta vasta comprovação de sua eficiência, mas para aquele produtor mais tecnificado e que possua capital suficiente para custear tal sistema desde sua implantação, até a colheita dos resultados, tendo capacidade para assumir os riscos com algum possível insucesso na sua instalação.

Diante disso, é de suma importância que órgãos e instituições públicas, de ensino e pesquisa busquem desenvolver tecnologias que atendam a capacidade e a necessidade daqueles produtores que não possuem condições de arcar com tais tecnologias, que visam principalmente o aumento da produtividade e a diminuição dos custos de produção.

Linhas de créditos especiais, suporte tecnológico e equipamento adequado a estes produtores são algumas formas que devem ser priorizadas para se atender esta classe de produtores, os quais possuem grande importância para economia do país. Vejo que é necessário avançar e inovar cada vez mais com referencia a agricultura de precisão ligada a agricultura familiar e àqueles produtores, que mesmo com relativas condições não podem inserir em seu empreendimento novas tecnologias que minimizam os custos e maximizam a produção.

Neste trabalho, soluciona-se parte dos problemas apontados em algumas recomendações de outras bibliografias. Mapas de produtividade, fertilidade e aplicação gerados na forma de tabelas, sem a necessidade de programas específicos de agricultura de precisão e comprovação da eficiência dos métodos de Knob (2006) quanto a amostragem de produtividade de forma manual para a cultura do arroz é um começo que pode ser aprimorado. Formas de aplicação de insumos,

com marcações físicas (bandeirolas), sem aquisição de nenhuma outra tecnologia além do GPS de navegação também é um avanço que deve ser mais bem estudado.

Neste trabalho a plantação e aplicação de insumos foram realizadas com distribuidor de insumos específico, podendo perfeitamente ser substituído pelo distribuidor centrífugo ou pendular acoplados ao trator, que podem inclusive baixar o custo de implantação, apresentando-se como um assunto a ser melhor estudado.

Desta forma, concordo com Knob (2006) que a aquisição de equipamentos específicos para a agricultura de precisão, para pequenos produtores, aos moldes que se apresenta a agricultura de precisão atual, são totalmente inviáveis. Em contrapartida, experiências pessoais com associativismo mostram que a aquisição e uso coletivo de maquinário também não são eficientes, visto questões de padronização operacional de uso, de manutenção e de utilização com referencia ao período de uso, pois pode não atender as necessidades temporais de algum associado. A terceirização do serviço seria uma saída viável, mas se analisar no ponto técnico, constata-se que em áreas sistematizadas do cultivo de arroz, devido sua homogeneidade quanto a fertilidade do solo e potencial produtivo, que a respectiva tarefa se tornaria onerosa e pouco eficaz, visto que tal procedimento poderia ser feito com equipamentos disponíveis na propriedade como o distribuidor centrífugo ou pendular e o pulverizador acoplado.

Por fim, vejo que uma das maneiras de se resolver o problema de aplicação a taxa variável dentro do gride amostral seria o desenvolvimento de implementos de aplicação automatizados e acoplados, com baixo custo, que contemple as necessidades do produtor menos capitalizado e que seja economicamente viável com relação ao seu empreendimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, T. J. C.; PONTELLI, C. B.; SANTI, A. L.; VIANA, J. H. M.; SULZBACH, L. A. S. Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 8, p. 1101-1110, 2007.

ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. R.; SHARP, T. C. Agricultura de Precisão. In: ELEUSIO, C. F. (Org.). **Algodão no Cerrado do Brasil**. 1. ed. Brasília/DF. 2007, v. 1, p. 889-918.

ARMELIN, J. F. **Contabilidade Rural: Metodologia Para Registros das Atividades de Pequenas Propriedades Rurais**. Apucarana - PR – FECEA, 2011. 74 p. Monografia de Pós-graduação.

ARVUS TECNOLOGIA. **A agricultura de precisão**. 2009. Disponível em: <<http://www.arvus.com.br>>. Acesso em: 04 de outubro de 2014.

BALASTREIRE, L. A.; ELIAS, A. I.; AMARAL, J. R. Agricultura de precisão: Mapeamento da produtividade da cultura de milho. **Revista de Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 8, p. 97-111, 1997.

BERTÓ, D. J.; BEULKE, R. **Gestão de Custos**. São Paulo: Saraiva, 2005.

BLACKMORE, B. S.; LARSCHEID, G. Strategies for managing variability. In: European Conference on Precision Agriculture, 1. Warwick, Inglaterra, **Proceedings**, p. 851-859, 1997.

BLACKMORE, B. S.; MARSHALL, C. J. Yield mapping; errors and algorithms. In: International Conference On Precision Agriculture, 3, Minneapolis, 1996. **Proceedings**, Madison, WI, 1996, p. 403-415.

BLACKMORE, S. Precision farming: an overview. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, p. 86-88, 1994.

BLU, R. O.; MOLINA, L. F. Muestreo de suelos para recomendación de fertilizantes. In: **Agricultura de precisión: introducción al manejo sitio-específico**. Chillán: INIA e Cargil, Chile, p. 115-133, 1999a.

BONGIOVANNI, R.; LOWENBERG-DEBOER, J. **Precision Agriculture and Sustainability**. Precision Agriculture, Dordrecht, v. 5, n. 3, p. 359-387, 2004.

BRUNI, A. L. **A Administração de Custos, Preços e Lucros**. São Paulo: Atlas, 2006.

CAPELLI, N. L. **Agricultura de Precisão - Novas tecnologias para o processo produtivo**. 2004. Disponível em: <<http://www.embrapa.br>> Acesso em: 28 de outubro de 2010.

CHERMAN, B. C. **Contabilidade geral**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2005.

CIRANI, C. B. S.; MORAES, M. A. F. D. Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: os determinantes da adoção das tecnologias de agricultura de precisão. **Revista Economia e Sociologia Rural**, v. 48, n. 4, p. 543-565. 2010.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a Agropecuária**, v. 1 – Safra 2013/2014. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 08 de Jul de 2014.

COPELAND, T.; KOLLER, T.; MURRIN, J. **Avaliação de Empresas: valuation calculando e gerenciando o valor das empresas**. São Paulo: Makron Books, 2000.

CRUZ, J. A. W. O impacto no custo de capital próprio no ponto de equilíbrio. **Revista de Contabilidade do Mestrado em Ciências Contábeis da UERJ**, v. 11, n. 1, 2006.

DURIGON, R. **Aplicação de técnicas de manejo localizado na cultura do arroz irrigado**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo do Arroz Irrigado no Brasil, 2005**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>> Acesso em: 14 de Set de 2013.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Importância Econômica, Agrícola e Alimentar do Arroz**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 02 de Mar de 2013.

ENGEL, B. A.; GAULTNEY, L. D. **Environmentally sound agriculture production systems through site-specific farming**. St. Joseph: ASAE, 1990. (ASAE Paper n. 90 - 2566).

GÖRGEN, S. **Mecanização camponesa**. 2005. Disponível em: <<http://www.diario popular.com.br>>. Acesso em: Novembro de 2013.

HAUSCHILD, F. E. G. **Técnicas de agricultura de precisão para definição de zonas de manejo de solo**. Santa Maria - RS – UFSM, 2013. Dissertação de Mestrado.

HOERB, D. **Manejo da cultura do arroz irrigado utilizando técnicas de AP**. Santa Maria - RS – UFSM, 2009. Trabalho de Conclusão de Curso.

INAMASU, R. Y. Estratégia de implantação, gestão e funcionamento da Rede Agricultura de Precisão. In: **Agricultura de precisão: um novo olhar**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2011. p. 31-40.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRICOLA DE SÃO PAULO. **Informações Econômicas**, SP, v. 34, n. 7, jul. 2004.

IRGA. Instituto Rio Grandense do Arroz. **Estimativa de Área Plantada e Produção para o Estado do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <[www.irga.rs.gov.br](http://www.irga.rs.gov.br)> Acesso em: 24 de outubro de 2013.

KNOB, M. J. **Aplicação de técnicas de agricultura de precisão em pequenas propriedades**. Santa Maria - RS – UFSM, 2006. 129p. Dissertação de Mestrado.

LAMBERT, D.; LOWENBERG-DEBOER, J. Precision agricultura profitability review. Purdue: Purdue University/**Site Specific Management center School of Agriculture**, 2000.

LARK, R. M.; STAFFORD, J. V. Exploratory analysis of yield maps of combine crops, In: European Conference on Precision Agriculture, 1, 1997. **Precision Agriculture 97**, v. 1, Warwick, 1997, p. 887-894.

LARSON, W. E.; ROBERT, P. C. Farming by soil. In: LAL, R.; PIERCE, F. J. Soil management for sustainability. **Ankeny: Soil Water Conservation Society**, 1991. p. 103-112.

LEITE, J. C. **Pró Labore ou Lucro? Eis a Questão!**. Disponível em: <<http://www.planeconcontabil.com.br>>. Acesso em: 04 de novembro de 2013.

LUCIARI JUNIOR, A.; SHANAMAN, J.; LIEBIG, M.; SCHLEMMER, M.; SCHEPERS, J. S.; FRANCIS, D.; PAYTON, S. Strategies for Establishing Management Zones for Site Specific Nutrient Management. In: 5<sup>th</sup> International Conference on Precision Agriculture, Bloomington, Minnesota, USA, 16-19 July, 2000. **Proceedings**. American Society of Agronomy, 2000. p. 1-10.

MANTOVANI, E. C.; QUEIROZ, D. M.; DIAS, G. P. Máquinas e operações utilizadas na agricultura de precisão. In: SILVA, F. M. (Coord.). **Mecanização e agricultura de precisão**. Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998, p. 109-157.

Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Comissão de Química e Fertilidade do Solo, MAC (CQFS, 2004)**. 1. ed. Porto Alegre, 2004.

MARQUES JÚNIOR, J.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T.; BARBIERI, D. M. Variabilidade espacial de matéria orgânica, P, K e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar por longo período. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8, n. 1, p. 143-152, 2008.

MARTINS, E. **Contabilidade de Custos**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

MDA. A agricultura familiar encerra 2013 com recordes e traça metas. **Ministério do Desenvolvimento Agrário**. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br>>. Acesso em: dez. 2013.

MILANI, L.; SOUZA, E. G.; OPAZO, M. A. U.; GABRIEL FILHO, A.; JOHANN, J. A.; PEREIRA, J. O. Unidades de manejo a partir de dados de produtividade. **Acta Sci. Agron.**, Maringá, n. 28, p. 591-598, 2006.

MOLIN, J. P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p. 83-92, 2002.

MOLIN, J. P. Utilização do GPS em Agricultura de Precisão. **Engenharia Agrícola**, v. 17, n. 3, p. 121-138, 1998.

MOORE, M. **An investigation into the accuracy of yield maps and their subsequent use in crop management**, Cranfield: Cranfield University, 1998, 379p. PhD Thesis.

PIERCE, F. J.; NOWAK, P. Aspects of precision agriculture. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 67, p. 1-85, 1999.

PORTUGAL, A. D. **O Desafio da Agricultura Familiar**. EMBRAPA, 2002. Disponível em: <<http://www.sede.embrapa.br>>. Acesso em: Novembro de 2013.

QUEIROZ, D. M.; DIAS, G. P.; MANTOVANI, E. C. Agricultura de precisão na produção de grãos. In: BOREM, A. B.; GIÚDICE, M. P.; QUEIROZ, D. M.; MANTOVANI, E. C.; FERREIRA, L. R.; VALLE, F. X. R.; GOMIDE, R. T. (Eds.) **Agricultura de precisão**. Viçosa: UFV, p. 1-42, 2000.

RAGAGNIN, V. A.; SENA JUNIOR, D. G.; SILVEIRA NETO, A. N. Recomendação de calagem a taxa variada sob diferentes intensidades de amostragem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 14, n. 6, p. 600-607, 2010.

ROBERT, P. C. The economical feasibility of precision agriculture. In: **European conference on precision agriculture**, 3, 2002, Montpellier. Proceeding. Montpellier, 2002.

RODRIGUES, L. C.; OLIVEIRA, J. V. **Uma análise sobre o preço de venda nas empresas prestadoras de serviço**. Disponível em: <[www.admpg.com.br/2009/pt/selecionados.php](http://www.admpg.com.br/2009/pt/selecionados.php)>. Acesso em: 04 novembro de 2013.

SANTOS, L. B. A comercialização do arroz: um estudo a cerca da verticalização da produção. Cachoeira do Sul – RS – UERGS, 2011. 50 p. **Relatório de Estágio Curricular**.

SEARCY, S. W. Engineering systems for site specific management: opportunities and limitations. In: International conference on precision agriculture, 2., 1994, Minneapolis. **Proceeding**. Madison: ASA: CSSA: SSSA, 1995. p. 603-647.

Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA – SPI, 1999. 412p.

SILVA, B. A. **Custos e Estratégias de Gestão**. Apostilado de pós-graduação, 2008.

SILVA, V. M. A. **Cultura do Arroz**. Editora: Livraria Clássica. 1975, 172 p.

SOSBAI. Arroz Irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil / **26. IV Congresso Brasileiro do Arroz Irrigado, XXVI – Reunião da Cultura do Arroz Irrigado**. – Santa Maria: SOSBAI, 2005.

SOSBAI. Arroz Irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil / **28. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado**, 11 a 13 de agosto de 2010, Bento Gonçalves, RS. – Porto Alegre: SOSBAI, 2010.

STAFFORD, J. V.; LARK, R. M.; BOLAM, H. C. Using yield maps to regionalize fields into potential management units. In: International Conference on Precision Agriculture, 4., St. Paul, Estados Unidos, **Proceedings**, part A, p. 225-237, 1999.

SWINTON, S. M.; LOWENBERG-DEBOER, J. Evaluating the profitability of site-specific farming. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 11, p. 439-446, 1998.

UMEZU, C. K. **Sistema de controle de um equipamento de formulação de dosagem e aplicação de fertilizantes sólidos a taxas variáveis**. Campinas – UNICAMP, 2003. 171p. Tese de Doutorado.

UMEZU, C. K.; CAPPELLI, N. L. Desenvolvimento e avaliação de um controlador eletrônico para equipamentos de aplicação de insumos. **Rev. Bra. Eng. Agric. Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 23 Jun 2013.

WILLIS, P. R.; CARTER, P. G.; JOHANNSEN, C. J. Assessing yield parameters by remote sensing techniques. In: International Conference on Precision Agriculture, 4., St. Paul, Estados Unidos, **Proceedings**, part A, p.1465-1473, 1999.

ZEPPELINI, P. D. **O que é custo oportunidade?** Disponível em: <<http://www.cavalcanteassociados.com.br/utd/UpToDate327.pdf>>. Acesso em: 04 de novembro de 2013.

ZHANG, N.; WANG, M.; WANG, N. Precision agriculture: a worldwide overview. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 36, p. 113-132, 2002.