



**FACULDADE HORIZONTINA**

**CRISTINA RAQUEL RECKZIEGEL**

**APLICAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR PARA PLANEJAMENTO DE  
PRODUÇÃO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA PROPRIEDADE RURAL**

**HORIZONTINA**

**2016**

**FACULDADE HORIZONTALINA**  
**Curso de Engenharia**

**CRISTINA RAQUEL RECKZIEGEL**

**APLICAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR PARA PLANEJAMENTO DE  
PRODUÇÃO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA PROPRIEDADE RURAL**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, pelo Curso de Engenharia de Produção da Faculdade Horizontalina.

**ORIENTADORA:** Prof<sup>a</sup>. Ivete Linn Ruppenthal, Esp.

**HORIZONTALINA-RS**

**2016**



**FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:**

**“Aplicação da Programação Linear para planejamento de produção: um estudo de caso  
em uma propriedade rural”**

**Elaborada por:**

**Cristina Raquel Reckziegel**

**Aprovado em: 03/11/2016  
Pela Comissão Examinadora**

---

**Especialista. Ivete Linn Ruppenthal  
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

---

**Mestre. Adalberto Lovato  
FAHOR – Faculdade Horizontina**

---

**Mestre. Marlene Bieger  
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**HORIZONTALINA- RS  
2016**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha família, em especial aos meus pais Lauri e Cladis Reckziegel que me proporcionaram a oportunidade de realizar este sonho e estiveram sempre ao meu lado.

## **AGRADECIMENTO**

Quando olho para meu lado e observo que algumas pessoas estão sempre presentes e não me deixam desanimar, só posso estar gratos.

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde e força para superar todas as dificuldades e que permitiu que mais este sonho fosse realizado.

Agradeço a minha mãe, minha fiel companheira, que me deu apoio e incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço.

Ao meu pai que sempre esteve ao meu lado e que para mim foi muito importante. Seu árduo trabalho foi essencial para minha formação.

Ao meu namorado Jardel por ser fundamental em tudo na minha vida e por ter estado comigo em todas as horas.

Obrigada ao meu irmão, minha cunhada e minhas amadas sobrinhas que me apoiaram e me deram ânimo.

O trabalho de minha família iniciou com meus amados avós e o crescimento de nossa propriedade foi o que me incentivou a realizar este estudo.

Aos meus amigos, colegas e demais familiares, fico muito grata por terem proporcionado que esta caminhada fosse muito alegre!

Enfim, agradeço de coração a minha orientadora Ivete Linn Ruppenthal por ter acreditado em minha sugestão e por ter me dado todo o suporte e auxílio através de sua dedicação e conhecimentos para que este trabalho fosse possível.

“Que os vossos esforços desafiem as  
impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes  
coisas do homem foram conquistadas do que parecia  
impossível.” (Charles Chaplin)

## RESUMO

Atualmente o setor agrícola vem se destacando na economia brasileira. Diversas propriedades rurais são dirigidas exclusivamente pelas próprias famílias, que realizam todo o trabalho de cultivo e também de planejamento da produção com base em sua prática e intuição. Neste contexto, a programação linear surge para auxiliar na realização de cálculos matemáticos utilizados como ferramenta de apoio para a tomada de decisão. O presente estudo tem como objetivo analisar e determinar, por meio da programação linear, qual é a combinação de culturas que irá proporcionar maior margem de contribuição, utilizando os mesmos recursos disponíveis em uma propriedade rural de médio porte localizada na cidade de Horizontina – RS, visto que a mesma não possui um planejamento adequado de sua produção. Neste estudo buscou-se responder a problemática de pesquisa, sendo que esta era verificar como é possível melhorar a margem de contribuição de uma propriedade rural com os mesmos recursos disponíveis através do uso da programação linear. A abordagem utilizada neste estudo é classificada como dedutiva, pois foram analisados os aspectos gerais envolvidos na agricultura e após especificamente na propriedade, e quantitativa pelo fato de que foram quantificados os recursos disponíveis, os custos de produção, a receita bruta, a margem de contribuição das culturas e a elaboração do modelo matemático. As técnicas de procedimento utilizadas foram a pesquisa bibliográfica onde buscou-se um maior envolvimento com o assunto através de autores específicos, descritiva pois se analisou a situação atual da propriedade e estudo de caso onde foram analisadas todas as características da propriedade. As técnicas de coleta de dados foram a pesquisa documental, pois buscou-se dados em notas fiscais e outros arquivos, e entrevista informal onde realizaram-se entrevistas com o gestor da propriedade. A técnica de análise de dados se deu com a elaboração do modelo matemático no software *Microsoft Excel*. Por meio deste estudo verificou-se que é possível aumentar a margem de contribuição do empreendimento rural em aproximadamente 5% realizando-se o remanejamento dos hectares produzidos de cada cultura. Para tanto, é necessário que o proprietário aumente a quantidade de hectares produzidos de milho e soja safra, sendo que o milho teria um aumento de sua produção em 18 hectares e a soja safra em 5,2 hectares. Já para a soja safrinha e o trigo é oportuno que o agricultor diminua a quantidade de hectares cultivados para cada cultura, tendo o soja safrinha uma redução em 5,2 hectares e o trigo em 45 hectares. Desta forma, conclui-se que a programação linear é uma ferramenta de gestão que permite a obtenção de resultados significativos e diferenciados para a tomada de decisão e maximização dos resultados.

**Palavras-chave:** Programação Linear. Maximização da Margem de Contribuição. Tomada de Decisão.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de Transformação.....	19
Figura 2: Participação de cada cultura na Receita Bruta.....	44
Figura 3: Modelagem do problema original no software <i>Microsoft Excel</i> .....	49
Figura 4: Aplicação da ferramenta <i>Solver</i> no software <i>Microsoft Excel</i> .....	50
Figura 5: Janela de resultados do <i>Solver</i> .....	51
Figura 6: Relatório de Sensibilidade.....	53



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Variáveis de decisão do modelo matemático. ....	46
--	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produtividade no último ano agrícola por hectare (em sacas).....	34
Tabela 2 – Dados da produção de milho por hectare .....	36
Tabela 3 – Dados da produção de soja por hectare .....	37
Tabela 4 – Dados da produção de soja safrinha por hectare .....	38
Tabela 5 – Dados da produção de trigo por hectare .....	39
Tabela 6 – Receita Bruta por hectare de Milho .....	41
Tabela 7 – Receita Bruta por hectare de Soja Safra .....	41
Tabela 8 – Receita Bruta por hectare de Soja Safrinha .....	42
Tabela 9 – Receita Bruta por hectare de Trigo .....	43
Tabela 10 – Comparativo entre as receitas brutas .....	43
Tabela 11 – Margem de Contribuição por hectare.....	45
Tabela 12 – Margem de Contribuição total da propriedade rural.....	45
Tabela 13 – Restrições do modelo matemático.....	47
Tabela 14 – Margem de Contribuição a ser obtida com a aplicação do modelo matemático...54	
Tabela 15 – Dados comparativos entre o número de hectares atual e o ideal.....56	
Tabela 16 – Dados comparativos entre a margem de contribuição atual e a ideal.....57	

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 TEMA.....	14
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	15
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA .....	15
1.4 JUSTIFICATIVA .....	15
1.5 OBJETIVO GERAL.....	16
1.6 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	16
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>18</b>
2.1 PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO.....	18
2.2 PLANEJAMENTO AGRÍCOLA .....	20
<b>2.2.1 Agricultura Familiar .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.2 Cultivo da Soja.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.3 Cultivo do Trigo.....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.4 Cultivo do Milho .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.5 Rotação de Culturas .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.5 Tomada de Decisão na Agricultura .....</b>	<b>23</b>
2.3 PESQUISA OPERACIONAL.....	24
<b>2.3.1 Pesquisa Operacional na Tomada de Decisão.....</b>	<b>25</b>
<b>2.3.2 Pesquisa Operacional no Planejamento Agrícola.....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.3 Programação Linear.....</b>	<b>26</b>
2.3.3.1 Modelo Matemático.....	27
2.3.3.2 Análise de Sensibilidade.....	28
2.4 CUSTO .....	29
2.5 RECEITA BRUTA.....	30
2.6 MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO.....	31
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>32</b>
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS .....	32
<b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
4.1 HISTÓRICO DA PROPRIEDADE .....	34

4.2 LEVANTAMENTO DE RECURSOS UTILIZADOS E CUSTOS DE PRODUÇÃO PARA O CULTIVO DAS DIFERENTES CULTURAS POR HECTARE.....	35
<b>4.2.1 Milho .....</b>	<b>35</b>
<b>4.2.2 Soja Safra .....</b>	<b>37</b>
<b>4.2.3 Soja Safrinha.....</b>	<b>38</b>
<b>4.2.4 Trigo.....</b>	<b>39</b>
4.3 APURAÇÃO DA RECEITA BRUTA .....	40
<b>4.3.1 Milho .....</b>	<b>40</b>
<b>4.3.2 Soja Safra .....</b>	<b>41</b>
<b>4.3.3 Soja Safrinha.....</b>	<b>42</b>
<b>4.3.4 Trigo.....</b>	<b>42</b>
<b>4.3.5 Comparativo entre as receitas brutas .....</b>	<b>43</b>
4.4 APURAÇÃO DA MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO .....	44
4.5 ELABORAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO.....	46
<b>4.5.1 Função Objetivo.....</b>	<b>46</b>
<b>4.5.2 Restrições do modelo matemático .....</b>	<b>47</b>
<b>4.5.3 Resolução do modelo matemático .....</b>	<b>48</b>
4.6 ANÁLISES ECONÔMICAS PARA A TOMADA DE DECISÃO.....	51
<b>4.6.1 Análise de Sensibilidade.....</b>	<b>51</b>
<b>4.6.2 Comparativo entre situação atual com a apresentada pelo modelo matemático</b>	<b>56</b>
<b>4.6.3 Sugestões para a tomada de decisão .....</b>	<b>58</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>63</b>

## INTRODUÇÃO

Em épocas passadas, a agricultura era basicamente de subsistência, onde se produzia apenas o alimento necessário para a sobrevivência do agricultor e de sua família. Neste período, a população rural superava de modo expressivo a população urbana. Com o passar dos anos, este cenário contou com mudanças. Dentre elas, pode-se destacar a modernização da agricultura, que fez com que muitas pessoas do campo se mudassem para os centros urbanos em busca de novas oportunidades de trabalho, visto que não puderam acompanhar esta modernização.

Com o passar do tempo ocorreu o crescimento da população mundial e, por consequência, a necessidade de aumento da produção de alimentos aumentou significativamente, fazendo com que a agricultura voltasse a assumir um lugar de destaque na economia. A demanda por produtos como milho, soja e trigo aumentou expressivamente, exigindo que novas tecnologias fossem inseridas no meio agrícola para possibilitar a produção da quantidade demandada e o planejamento dos recursos tornou-se essencial para a sobrevivência das propriedades rurais, visto que estas novas tecnologias possuem um alto custo.

A agricultura familiar possui forte participação no mercado agrícola, sendo que, em sua maioria, estas propriedades são gerenciadas pela própria família. Neste contexto, é fundamental que estas propriedades familiares tenham um planejamento de produção para que se obtenha uma maior margem de contribuição e aproveitamento adequado dos recursos disponíveis, possibilitando sua permanência no mercado. Neste sentido, a Pesquisa Operacional com ênfase na Programação Linear surge para auxiliar neste planejamento.

Corrar e Theóphilo (2004) esclarecem que a Programação Linear é considerada uma das ferramentas mais importantes dentro da Pesquisa Operacional, pois a mesma engloba um conjunto de procedimentos que auxiliam na resolução de problemas que abrangem a escassez de recursos. Através da Programação Linear busca-se atingir a melhor alocação de recursos, otimizando-os através do atendimento das restrições estabelecidas.

A propriedade rural que é o foco deste estudo é gerenciada pela família, tornando-a uma propriedade familiar. É importante salientar que neste tipo de propriedade a confiança, dedicação e compromisso com o desenvolvimento são pontos essenciais. A mesma está situada na cidade de Horizontina – RS e atualmente não conta com um planejamento adequado de sua produção, sendo que a escolha do plantio de cada cultura em determinada área de terra é

determinada através do que os agricultores acreditam ser o mais viável cultivar naquela safra, justificando assim a execução do presente trabalho.

Portanto, para este estudo, definiu-se a utilização da Programação Linear para analisar e determinar qual cultura obterá maior margem de contribuição, através do levantamento dos recursos disponíveis, dos custos e dos lucros médios obtidos baseados na safra passada. Foi apresentado o modelo matemático de Programação Linear e os resultados encontrados serão úteis para auxiliar na tomada de decisão.

O objetivo deste estudo é analisar e determinar, por meio da programação linear, qual é a combinação de culturas que irá proporcionar maior margem de contribuição, utilizando os mesmos recursos disponíveis. Para determinar a quantidade de hectares a produzir de cada cultura, fez-se necessário realizar o levantamento dos custos de produção por cultura para cada hectare, apurar a receita bruta por cultura, elaborar o modelo matemático e realizar análises econômicas para auxiliar o agricultor na tomada de decisão.

O presente estudo está dividido em capítulos, onde o capítulo 1 aborda a introdução e apresenta a definição do tema, o problema de pesquisa, a justificativa e os objetivos, tanto geral como específicos. O capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica, com conceitos pertinentes ao tema proposto. Já o capítulo 3 aborda os métodos e técnicas utilizados para a elaboração do estudo, evidenciando como foi executada a pesquisa. O capítulo 4 evidencia a apresentação e análise dos resultados, onde estão descritos os dados levantados, expondo o que foi observado e desenvolvido no estudo. Por fim, apresentam-se as considerações finais onde é feita uma recapitulação da construção do estudo através da evidência do alcance dos objetivos propostos e resposta ao problema de pesquisa bem como uma avaliação dos resultados obtidos.

## **1.1 TEMA**

O planejamento da produção é essencial em todos os setores da economia, e no setor agrícola não é diferente. Através da elaboração deste estudo, buscou-se realizar a análise de qual é a melhor cultura a ser cultivada em cada hectare de terra disponível na propriedade rural estudada, visando o aumento da margem de contribuição, utilizando os mesmos recursos disponíveis.

O tema do presente estudo visa a aplicação da Programação Linear para o planejamento de produção das culturas de soja safra, soja safrinha, milho e trigo em uma propriedade rural.

## **1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA**

O tema deste estudo se delimita na aplicação da Programação Linear para o planejamento de produção das culturas de soja safra, soja safrinha, milho e trigo em uma propriedade rural localizada em Horizontina, Rio Grande do Sul, no período de junho a outubro de 2016.

## **1.3 PROBLEMA DE PESQUISA**

A propriedade rural que se deseja estudar não possui um planejamento específico de sua produção, as culturas de soja safra, soja safrinha, milho e trigo são cultivadas conforme o agricultor acredita que trará maior margem de contribuição. Portanto, a Programação Linear foi utilizada para elaboração de um modelo matemático e para isso foi realizado o levantamento dos recursos disponíveis, dos custos e dos lucros obtidos na safra passada. Os resultados obtidos no modelo matemático auxiliarão na verificação de qual cultura é mais viável plantar em cada hectare de terra, obtendo maior margem de contribuição.

Diante da necessidade de buscar um melhor planejamento da propriedade rural surge a seguinte questão: Como é possível melhorar a margem de contribuição de uma propriedade rural com os mesmos recursos disponíveis através do uso da programação linear?

## **1.4 JUSTIFICATIVA**

Sampieri, Collado e Lucio (2013) citam que a justificativa mostra ao leitor qual será o motivo da pesquisa, evidenciando as razões pela qual será realizado o estudo. Através da justificativa será demonstrada a real importância e relevância do mesmo.

Todos os empreendimentos necessitam de um planejamento, sendo que no setor agrícola este também é de suma importância. Atualmente muitas propriedades rurais, principalmente as que são administradas somente pelos familiares, não contam com um planejamento adequado da produção. Quando o agricultor passa a utilizar técnicas de planejamento, os recursos disponíveis são utilizados da melhor forma e a margem de contribuição pode ser aumentada com os mesmos recursos disponíveis.

Baseando-se no estudo de Balsan, Ruppenthal e Fabbrin (2016) realizado nesta área, a programação linear foi aplicada para a definição de culturas em uma propriedade rural de médio porte para as culturas de soja, milho e painço. No referido trabalho, não foram

considerados os custos das máquinas e mão-de-obra para a elaboração do modelo matemático. Por este fato, o presente estudo terá informações mais precisas sobre a produtividade da propriedade rural, pois foram levados em conta estas informações para o levantamento dos custos da propriedade e para a elaboração do modelo matemático.

O presente estudo justifica-se pela necessidade da propriedade rural obter um planejamento mais elaborado de sua produção, definindo quais as culturas apropriadas para cada hectare de terra. Este processo auxiliará na escolha da cultura que trará maior margem de contribuição para os agricultores, utilizando os mesmos recursos disponíveis. Também será possível apresentar ao proprietário qual é a forma adequada de aproveitar os recursos disponíveis.

Além de trazer informações ao produtor rural com relação à sua produtividade e margem de contribuição, a realização deste estudo justifica-se por estar ligado ao curso de Engenharia de Produção. Diversos conceitos apresentados durante o curso foram abordados no decorrer deste trabalho, gerando a oportunidade de aprimorar os conhecimentos adquiridos e por consequência, aplica-los de forma prática.

## **1.5 OBJETIVO GERAL**

A formulação do objetivo tem como finalidade principal demonstrar a ideia do estudo, fornecendo um norte ao mesmo. No decorrer da execução do trabalho, será necessário consulta-los novamente, visto que estes guiarão o desenvolvimento da pesquisa (SAMPIERI, COLLADO E LUCIO, 2013)

Neste contexto, o objetivo geral do presente estudo é analisar e determinar, por meio da programação linear, qual é a combinação de culturas que irá proporcionar maior margem de contribuição, utilizando os mesmos recursos disponíveis.

## **1.6 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Para que o objetivo geral seja atingido, é necessário a definição dos objetivos específicos. Sendo assim, para a concretização deste estudo, definiram-se os seguintes objetivos:

- a) Realizar o levantamento dos recursos necessários para o cultivo das diferentes culturas, bem como os custos de produção de cada cultura por hectare;
- b) Apurar a receita bruta de cada cultura;



- c) Estimar a margem de contribuição atual;
- d) Elaborar o modelo matemático;
- e) Realizar análises econômicas para auxiliar o agricultor na tomada de decisão.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Esse capítulo tem como finalidade expor as referências bibliográficas que formarão o embasamento teórico, viabilizando um maior entendimento do assunto. Os conceitos apresentados estão baseados em autores pertinentes ao tema deste estudo e os mesmos foram estudados durante o curso de Engenharia de Produção.

### 2.1 PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO

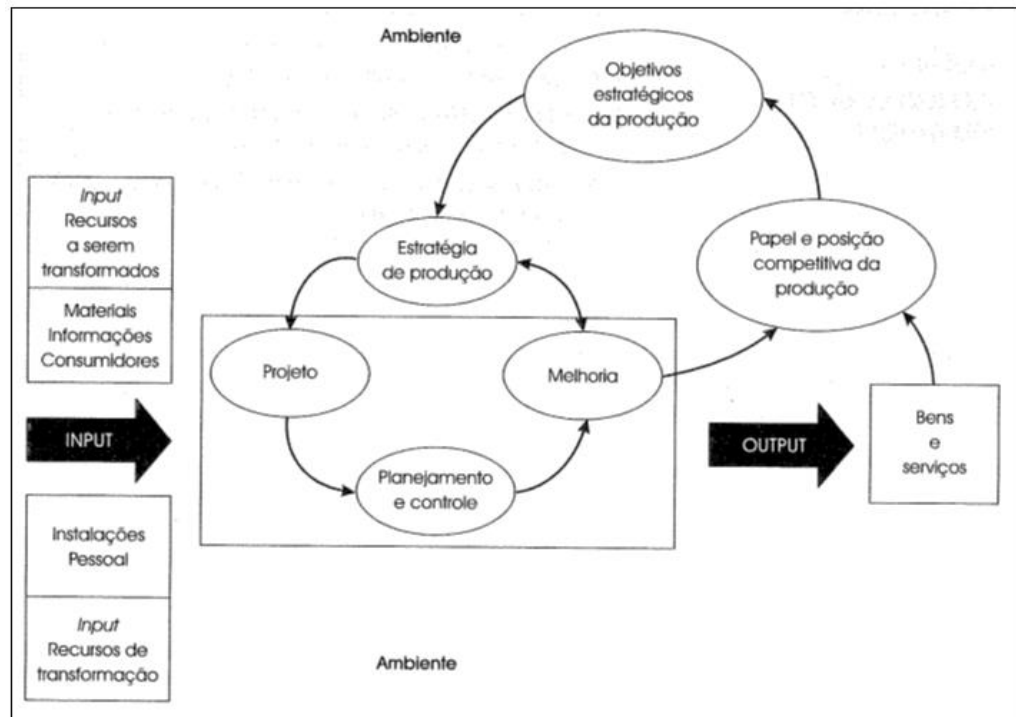
O significado de produção é muito intuitivo, sendo que é difícil encontrar nas literaturas a definição deste termo. Unificando os poucos conceitos existentes, é possível afirmar que a produção é um processo organizado que tem por finalidade a transformação de insumos em bens ou serviços (RUSSOMANO, 2000).

Russomano (2000) ressalta que a exigência dos consumidores está em crescimento, sendo que estes pretendem adquirir produtos que possuam boa qualidade, variedade de modelos, custos reduzidos e que as entregas ocorram dentro do esperado. De acordo com pesquisas realizadas, os Sistemas de Planejamento e Controle da Produção realizam um papel muito importante dentro das empresas na determinação das ações a serem tomadas para que estas exigências sejam atendidas.

Corrêa e Giansi (1993) afirmam que muitos empreendimentos brasileiros perdem o poder de competitividade com o tempo e em grande parte este fato ocorre devido aos mesmos não terem práticas gerenciais e tecnológicas aplicadas aos seus sistemas produtivos. Neste contexto, a estruturação correta do sistema de produção é essencial para a vantagem competitiva e, conseqüentemente, para que haja um aumento na lucratividade.

Slack *et. al.* (1996) cita que o processo de transformação de recursos dentro das indústrias gera bens ou serviços. Este processo de transformação se dá através do uso de recursos chamados *inputs*, sendo que estes são transformados ou convertidos de alguma forma gerando bens ou serviços denominados *outputs*. A figura 1 apresenta um modelo de transformação que é utilizado para expor a natureza da produção. Qualquer tipo de atividade de produção pode ser representada pelo mesmo, inclusive a agricultura

Figura 1: Modelo de Transformação



**Fonte:** Slack *et. al.*, 1996.

Toda operação produtiva necessita de planos e controles, porém os requisitos e detalhes dos mesmos variam de acordo com a atividade exercida pelo empreendimento. O principal objetivo do Planejamento e Controle da Produção é assegurar que a produção ocorra de forma eficaz, produzindo bens e serviços de acordo com o esperado, atendendo as necessidades do cliente e aproveitando da melhor forma os recursos disponíveis. Para que este processo ocorra é necessário que os recursos produtivos estejam disponíveis na quantidade, no momento e no nível de qualidade exigidos. (SLACK *et. al.*, 1996).

Este aspecto também é comentado por Russomano (2000), sendo que este cita que o Planejamento e Controle da Produção é responsável pelo planejamento e organização dos processos fabris. Seu foco primordial é organizar os suprimentos, recursos humanos e as máquinas e atividades pertinentes, maximizando sua utilização de forma a atingir os resultados de produção esperados. No setor agrícola não é diferente, pois todos os insumos necessitam ser planejados de forma eficaz para se atingir a maior produtividade possível.

Com a expansão da utilização de computadores e o desenvolvimento da disciplina de Pesquisa Operacional, vários métodos de planejamento foram elaborados. A principal função destes métodos é projetar planos de capacidade para os sistemas de produção, sendo que o atendimento dos objetivos da organização deve estar dentro da disponibilidade dos recursos

de produção e das restrições impostas pela empresa. Estes modelos são de fundamental importância para o planejamento futuro (GAITHER E FRAZIER, 2001).

## 2.2 PLANEJAMENTO AGRÍCOLA

O planejamento da produção no setor agrícola representa um grande desafio para o produtor rural. Segundo Vilkas (2004) isso se deve pelo fato de que as propriedades deste setor estão submetidas à um número expressivo de fatores que, por muitas vezes, impedem o planejamento adequado da produção. Dentre estes fatores é possível citar o período entre o cultivo e a colheita dos produtos, a dependência de recursos naturais, as variações do mercado e o tempo para obter o resultado dos investimentos. Estas variáveis tornam o gerenciamento do empreendimento rural muito complexo, fazendo com que o emprego de técnicas de planejamento seja reduzido.

Rodrigues (1978) reforça que o processo de planejamento agrícola é dificultado pelas características peculiares que o setor apresenta, sendo que estas tem influência direta sobre os processos de produção e o fornecimento dos bens produzidos. Em outros setores da economia, os fatores ecológicos (climatologia, recursos hídricos, etc.) e biológicos não são considerados, porém no planejamento agrícola é necessário que se tenha conhecimento destes fatores que podem de certa forma limitar a produtividade. No setor em questão é possível verificar que existem períodos de safras e de entre safras, sendo que as mesmas possuem diferenciação de rendimentos. Também é possível verificar que o ciclo de maturação dos produtos é diferenciado.

Vilkas (2004) traz a ideia de que na ocorrência da agricultura familiar, o planejamento da produção é realizado por uma única ou por poucas pessoas da família. Isso se deve pelo fato do número de colaboradores ser reduzido e na maioria dos casos as atividades administrativas são realizadas pelo proprietário, pois este é responsável por tomar todas as decisões inerentes às atividades a serem executadas.

### 2.2.1 Agricultura Familiar

Laredo (2004) menciona que grande parte do alimento que a população brasileira consome provém da produção de pequenas propriedades familiares. Aproximadamente 4,1 milhões de famílias vivem do cultivo da terra atualmente e juntos produzem cerca de 40% do

Produto Interno Bruto do país, tornando a produção familiar um segmento de suma importância dentro da economia nacional.

O inciso II, do art. 4º, do Estatuto da Terra (Lei 4.504/64) define como propriedade familiar o imóvel rural que, direta e pessoalmente explorado pelo agricultor e sua família, lhes absorva toda a força de trabalho, garantido-lhes a subsistência e o progresso social e econômico, com área máxima fixada para cada região e tipo de exploração, e eventualmente, trabalhado com a ajuda de terceiros (INCRA, 2016).

No Brasil a agricultura familiar engloba desde famílias de baixa renda, que possuem apenas um pequeno pedaço de terra que na maioria dos casos não possui capacidade para uma produção que as sustente, até famílias que dispõe de uma variabilidade de recursos. Não é apenas a capacidade de produção e a extensão das propriedades que diferenciam os agricultores familiares, mas também o nível de organização da utilização dos recursos, a infraestrutura e o alcance à tecnologia (SOUZA FILHO, BUAINAIN, GUANZIROLI, BATALHA, 2007).

### **2.2.2 Cultivo da Soja**

De acordo com Embrapa (2004) a soja, em seus primórdios, era uma planta rasteira, cultivada no leste da Ásia. A evolução da planta ocorreu através do cruzamento de forma natural de duas espécies selvagens, sendo que após um certo período os cientistas fizeram a domesticação e melhoramentos genéticos destas plantas. Os Estados Unidos iniciaram a exploração comercial da soja, primeiramente como forrageira e posteriormente como grão

A Bahia foi escolhida para a realização de testes da introdução de soja no Brasil, no ano de 1882, porém o germoplasma que foi trazido dos Estados Unidos não teve sucesso na região, visto que o mesmo não era adaptado às baixas latitudes daquele estado. No ano de 1981, no estado de São Paulo, foram realizados novos testes, onde obteve-se relativo êxito na produção de grãos e feno. No ano de 1900 a soja foi inserida no Rio Grande do Sul para a execução de novos testes, visto que o clima neste estado é similar às áreas de origem dos materiais (EMBRAPA, 2003).

De acordo com informações do ATLAS SOCIOECONÔMICO DO RIO GRANDE DO SUL (2016) o Brasil produz em torno de 27% da produção mundial de soja e é considerado o segundo maior produtor, sendo superado apenas pelos Estados Unidos que possui 35% de participação mundial. No Brasil, o Rio Grande do Sul é o terceiro maior produtor de soja, em 2011 o estado registrou a produção de 11.717.548 toneladas do grão.

### **2.2.3 Cultivo do Trigo**

Segundo informações da EMPRAPA (2016) o trigo é cultivado durante o inverno e é muito vulnerável às mudanças de tempo e clima, sendo uma gramínea que possui ciclo anual. O grão é processado e consumido basicamente na forma de farinha ou ração animal. A produção anual no Brasil gira em torno de 6 milhões de toneladas e o consumo do produto pela população brasileira se mantém em 10 milhões de toneladas por ano. A cultura do trigo foi inserida inicialmente no Sul do país, onde se encontra atualmente 90% da produção.

O Paraná é o maior produtor de trigo no país, apresentando uma produção média de 2.790.144 toneladas/ano, sendo o Rio Grande do Sul o segundo maior produtor com uma média de produção de 2.258.009 toneladas/ano. Entre os anos de 2009 e 2011, 29 municípios do estado tiveram uma produção média acima de 20.000 toneladas/ano (ATLAS SOCIOECONÔMICO DO RIO GRANDE DO SUL, 2016).

### **2.2.4 Cultivo do Milho**

De acordo com o ATLAS SOCIOECONÔMICO DO RIO GRANDE DO SUL (2016) o Brasil é considerado o terceiro maior produtor mundial de milho, com uma participação de 6,5% do total da produção. O Rio Grande do Sul está na quarta posição como produtor de milho em grão no Brasil, tendo um aumento moderado na quantidade produzida a partir do ano de 2002. No ano de 2011, o estado registrou uma produção de 5.772.422 toneladas do grão.

O milho é destinado basicamente para a alimentação animal na forma de rações, sendo que seu consumo para a transformação em óleo, farinha, amido, margarina e flocos para cereais matinas é bem reduzido. Na Região Sul do Brasil o milho é de fundamental importância no sistema de produção, na rotatividade de culturas e na formação de palhada para a cobertura do solo na aplicação do plantio direto (DUARTE, 2016).

### **2.2.5 Rotação de Culturas**

A monocultura, com o passar do tempo, passa a ocasionar no solo uma degradação física, biológica e química, juntamente com a redução da produtividade das culturas produzidas nestas áreas. Outro fator desfavorável é que a monocultura faz com que ocorra o aumento da propagação de doenças nas plantas, pragas, insetos e ervas daninhas. Por este fato, verifica-se a necessidade de se introduzir outras culturas no sistema agrícola. A rotação

de culturas visa o revezamento anual, em uma mesma área agrícola, de espécies vegetais. Para a escolha das culturas, deve-se levar em conta os propósitos comerciais e também de recuperação do solo (EMBRAPA, 2003).

Outro aspecto levantado pela EMBRAPA (2003) é de que a rotação de culturas traz diversas vantagens para os produtores agrícolas. É possível citar dentre estas vantagens a produção de alimentos diversificados e demais produtos agrícolas. Outro proveito apresentado é que se for aplicada por um período suficientemente longo e maneira correta, a rotação traz diversos benefícios ao solo, controlando o ataque de pragas, doenças e ervas daninhas. Também faz a reposição da matéria orgânica e preserva o solo da ação de agentes climáticos.

De acordo com Taguchi (2014) para que se obtenha a eficiência máxima na rotação de culturas, o planejamento da mesma deve levar em conta a produção de plantas comerciais e que venham a produzir quantidades de biomassa elevadas e que possuam rápido desenvolvimento. É importante que o agricultor não considere apenas a sequência de culturas, deve-se utilizar também tecnologias para controle específico de erosão, adubação, qualidade e tratamento adequado de sementes, entre outros.

### **2.2.5 Tomada de Decisão na Agricultura**

Oliszeski (2011) cita que a decisão do que produzir será tomada quando se obtém lucro com uma determinada atividade, ou seja, só se produzirá determinado produto se o mesmo trouxer benefícios econômicos ao produtor. Os agricultores realizam o gerenciamento dos fatores e métodos de produção para o cultivo de seus produtos através de decisões técnicas e econômicas, utilizando regras e princípios que são definidos rapidamente pelos mesmos.

São antigos os esforços no sentido de modelar o processo de tomada de decisão. A teoria microeconômica da firma constitui o primeiro esforço de elaboração de um modelo que foca o comportamento dos produtores (o que, quanto, por que e para quem produzir). Seu objetivo não é compreender o funcionamento das unidades e sim conhecer como funciona uma economia global que age sobre pequenas unidades (BROSSIER, 1990 *apud* OLISZESKI, 2011).

De acordo com Nantes (1997 *apud* Vilkas, 2004) para que o empreendimento agrícola tenha sucesso é necessário que as cadeias produtivas sejam vistas pelo agricultor como um sistema, visando que as atividades que serão desenvolvidas dentro da propriedade sejam realizadas da melhor forma. É muito importante que o produtor tenha conhecimento do curso de seu produto após a colheita, suas tendências e quais serão os produtos obtidos através de seu processamento dentro das indústrias.

O processo de decisão do agricultor é um componente importante na determinação do volume agregado da produção agrícola. Qualquer que seja a causa externa, a decisão de muitos agricultores de não plantar determinado produto poderá provocar distúrbios no abastecimento interno e comprometer metas de exportação. É importante, então, analisar o que é esta decisão, em que consiste e quais os elementos que a compõe para poder atuar sobre ela, não no sentido de manipulá-la, mas de levá-la a uma maior racionalidade (CONTINI, ARAÚJO, OLIVEIRA, GARRIDO, 1984, p. 08)

Em diversas situações, a tomada de decisão por parte do agricultores é complexa, pois nela existem princípios de tradição, de conhecimentos, infraestrutura da propriedade, razões sociais e especialmente a ânsia pela obtenção de lucros. Todos estes fatores influenciam nas decisões, porém dependem dos tipos de agricultores. Aqueles que se baseiam nas tradições terão resistência na alteração de culturas, por mais que o preço de venda do produto não seja atraente. Já se for analisada a condição de preço, caso o mesmo seja desfavorável, o agricultor poderá diminuir a área plantada de determinado produto (CONTINI, ARAÚJO, OLIVEIRA, GARRIDO, 1984).

### 2.3 PESQUISA OPERACIONAL

O termo Pesquisa Operacional (PO) surgiu em meados dos anos 1941, com a Inauguração da Seção de Pesquisa Operacional do Comando da Força Área de Combate. Estes possuíam equipes envolvidas em problemas de operações de guerra, como manutenção e inspeção de aviões, escolha da melhor aeronave para uma determinada missão e melhoria na probabilidade de destruição de submarinos (ARENALES, ARMENTANO, MORABITO, YANASSE, 2007).

Outro aspecto levantado por Arenales, Armentano, Morabito e Yanasse (2007) é que mesmo após a guerra a Pesquisa Operacional teve uma grande evolução na Inglaterra e nos Estados Unidos. Com o passar do tempo, a PO passou a ser aplicada em uma variedade de problemas gerados no ambiente empresarial. Desde então diversas áreas de produção e logística passaram a aplicar esta metodologia para a resolução de problemas. Neste cenário podemos incluir indústrias de alimentação, automóveis, aviação, computadores, entre outros.

Os mesmos autores mencionam que a PO tem por objetivo auxiliar na definição de políticas e na determinação de ações de forma científica, podendo ser definida como uma abordagem científica na tomada de decisões. Atualmente a pesquisa operacional é vista como uma ciência e tecnologia de decisões, pois está relacionada a ideias e processos que permitem a articulação e modelagem de problemas de decisão.



Neste mesmo contexto Martín (2003) cita que a Pesquisa Operacional é a aplicação de métodos científicos para a definição da utilização adequada de recursos ou atividades de forma eficaz na gestão e organização de sistemas complexos. É um processo de investigação realizado através das etapas apresentadas a seguir:

- a) Observação do fenômeno;
- b) Formulação da hipótese;
- c) Desenho experimental;
- d) Análise dos resultados e conclusões.

De acordo com Lachtermacer (2004) até a década de 1980 havia grande dificuldade na implementação de resolução de questões gerenciais através de problemas matemáticos de programação. Foi somente através da criação de planilhas eletrônicas de *Excel* e sua crescente utilização que ocorreu um aumento significativo na aplicabilidade da Pesquisa Operacional dentro das indústrias.

### **2.3.1 Pesquisa Operacional na Tomada de Decisão**

Lachtermacher (2004) cita que um problema é verificado quando se tem uma situação diferente do que foi planejado. Já a oportunidade surge quando o indivíduo tem a chance de exceder as metas estabelecidas. Sendo assim, a tomada de decisão é o processo de reconhecimento deste problema ou oportunidade, buscando encontrar um caminho para a resolução dos mesmos.

Outro ponto observado por Lachtermacher (2009) é a possibilidade de aplicação da pesquisa operacional para o auxílio no processo de tomada de decisão dos seguintes tipos de problemas: otimização de recursos, localização, roteirização, carteiras de investimento, alocação de pessoas, previsão e planejamento e de alocação de verbas de mídia.

César (2011) afirma que é comum surgirem diversos problemas nos processos operacionais das empresas. A tomada de decisão está intimamente ligada a estes problemas, e a resolução correta dos mesmos traz vários benefícios. A pesquisa operacional é definida como o processo de buscar a melhor decisão a ser tomada através de aspectos quantitativos, trazendo a resolução dos problemas encontrados. Os principais objetivos da tomada de decisão são:

- Transformar os dados obtidos em informações expressivas;
- Dar apoio ao processo de decisão de forma transferível e independente;

- Realizar a criação de sistemas computacionais que sejam úteis a quem terá de realizar a decisão.

### **2.3.2 Pesquisa Operacional no Planejamento Agrícola**

Atualmente, a disponibilidade de computadores permite que o planejamento da produção seja realizado de maneira eficaz, sendo que é possível aumentar o número de alternativas e a análise das mesmas é feita adequadamente. Em um passado não muito distante os cálculos para a tomada de decisão eram realizados de modo manual e o número de alternativas não poderia ser excessivamente grande. Com o surgimento da pesquisa operacional, que possui propagação crescente na agricultura, o horizonte de possibilidades de análise foi ampliado tornando a decisão mais eficiente. Cabe ao agricultor selecionar as opções mais relevantes (CONTINI, ARAÚJO, OLIVEIRA, GARRIDO, 1984).

Caixeta-Filho (2004) cita que o planejamento agrícola é um dos maiores exemplos da aplicação da programação linear. Neste modelo, o tomador de decisão possui certa área de terra, determinada disponibilidade de mão-de-obra, capital, tecnologia e capacidade produtiva. O principal objetivo que se deseja atingir com a aplicação da pesquisa operacional é a maximização dos lucros a partir das opções de negócio desenvolvidas pela propriedade.

Quando se deseja utilizar a programação linear para resolver um problema de planejamento agrícola, é necessário que sejam levantados os dados referentes às culturas que se deseja explorar em um determinado ano agrícola. O produtor irá analisar os relatórios do software obtidos através da aplicação da programação linear e levará em conta outros fatores que não estejam relacionados com a mesma e tomará a melhor decisão para aumentar sua lucratividade (CAIXETA-FILHO, TONIELLO, 1992).

### **2.3.3 Programação Linear**

Segundo Arenales, Armentano, Morabito e Yanasse (2007) os modelos de otimização linear apresentam grande utilidade em diversos setores da economia, onde muitas situações práticas podem ser representadas por modelos deste porte. Embora já houvessem sido propostos tais modelos há mais tempo, o ano de 1947 foi um marco na área da otimização devido a criação do Método Simplex. A partir deste período iniciaram-se diversas pesquisas de novos métodos, através da implementação e aplicação do mesmo em áreas distintas.

Caixeta-Filho (2004) cita que o método Simplex vem se destacando e sendo o algoritmo com maior emprego em softwares de programação linear. Este algoritmo expressa de forma apropriada a solução para problemas que possuam grande proporção, como no caso da tomada de decisão na agricultura, onde se tem diversas variáveis a serem analisadas. Indiferente de qual for o algoritmo utilizado, o problema que se deseja resolver pela programação linear deve ser formulado através de princípios básicos.

Um problema de Programação Linear (LP) é um problema de programação matemática em que as funções-objetivo e de restrição são lineares. Um problema de programação linear está em sua forma padrão se tivermos uma Maximização da função-objetivo e se todas as restrições forem do tipo menor igual, bem como os termos constantes e variáveis de decisão não-negativos (LACHTERMACER, 2004, p. 26-27).

A programação linear é amplamente utilizada na definição de alocação recursos e atividades. Geralmente, a disponibilidade de recursos dentro dos empreendimentos é restrita, fazendo com que os gestores busquem formas de alocar adequadamente estes recursos as atividades realizadas na empresa. Este processo torna a empresa mais competitiva perante seus concorrentes, trazendo mais lucratividade para as empresas (HILLIER, LIEBERMAN, 2006).

### **2.3.3.1 Modelo Matemático**

Hillier e Lieberman (2006) citam que o modelo matemático é apresentado através de símbolos e expressões matemáticas, sendo que estas somadas à um sistema de equações, descrevem a natureza do problema. Desta forma, caso se tenha “n” decisões a serem tomadas, estas serão simbolizadas na forma de variáveis de decisão e seus respectivos valores necessitam ser definidos. Neste contexto, chamamos de função objetivo aquela que determinará o valor real que se deseja atingir em função das variáveis de decisão. Caso se tenha qualquer tipo de restrição que venha a ser atribuída às variáveis de restrição, as mesmas também devem ser representadas de forma matemática.

Arenales, Armentano, Morabito, Yanasse, (2007) descrevem que o modelo matemático surge da necessidade de descrever, por relações matemáticas, determinadas leis que são originadas a partir da observação de fenômenos, processos ou sistemas. Para que o modelo matemático seja formulado é necessário que sejam realizadas simplificações razoáveis do sistema ou um problema verdadeiro precisa ser considerado. Para que o modelo seja válido é necessário que a solução do mesmo seja coerente com a situação original. Sendo assim, o modelo matemático é uma reprodução do problema real observado.

De acordo com Lachtermacher (2004) o modelo matemático é representado conforme a fórmula 1 apresentada a seguir:

Maximizar ou Minimizar

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

Sujeito a:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n (\leq, =, \geq) b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n (\leq, =, \geq) b_2$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n (\leq, =, \geq) b_m$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0 \text{ não negatividade}$$

Em que:

Z é a função objetivo;

$x_j$  são variáveis de decisão;

$A_{ij}$  é a constante ou coeficiente da i-ésima restrição da j-ésima variável

$B_i$  é o termo independente ou quantidade de recursos disponíveis da i-ésima restrição.

Caixeta Filho (2004) cita que a composição do modelo matemático se dá pelos seguintes fatores:

- **Função Objetivo:** representará o objetivo fundamental do problema, sendo que este, a princípio, deve ser único e diz respeito à otimização que se deseja buscar. A função objetivo pode ser tanto de maximização (lucro, eficiência, bem-estar social, etc.) ou de minimização (custos, tempo, perdas, etc.).

- **Variáveis de Decisão:** são as opções possíveis para a ocorrência da otimização que se almeja atingir. Para que a função objetivo seja matematicamente estabelecida, estas alternativas precisam ser definidas, como por exemplo, os tipos de culturas a serem exploradas. Usualmente, define-se que todas as variáveis tem a possibilidade de assumir somente valores positivos.

- **Restrições do Modelo Matemático:** são as limitações as quais as variáveis de decisão estão sujeitas e geralmente são expressas por inequações. São definidas como as limitações físicas que o sistema apresenta e afetam de forma direta os valores das variáveis de decisão.

### 2.3.3.2 Análise de Sensibilidade

De acordo com Belfiore e Fávero (2013) a análise de sensibilidade possui grande importância na programação linear. A mesma possui como objetivo principal analisar quais

são os efeitos que certas variações realizadas nos parâmetros do modelo matemático provocariam na obtenção da solução ótima.

Lachtermacher (2004) cita que a análise de sensibilidade é uma análise realizada após a otimização. Nesta análise verifica-se as variações prováveis, tanto para cima como para baixo, dos números dos coeficientes da função objetivo, das constantes das restrições e dos coeficientes, sem que ocorra alterações na solução ótima.

Outro aspecto sobre a análise de sensibilidade levantado por Lachtermacher (2004) é que existem dois modelos principais da mesma. O primeiro determina limites para os coeficientes da função-objetivo e para as restrições, tanto inferiores como superiores. Esta observação é realizada de forma automática pelo *Excel*, levando em consideração apenas uma alternativa de cada vez. O segundo modelo analisa se o problema gera alteração na solução ótima caso se tenha uma mudança simultânea no mesmo, sendo que o *Excel* não realiza este estudo de forma automática.

Ainda baseado no mesmo autor, a solução ótima de um problema pode ser alterada através da modificação de alguma das constantes da restrição, sendo que normalmente esta modificação traz também uma mudança no conjunto de soluções viáveis. Caixeta-Filho (2004) cita que o preço sombra é representado pela modificação do valor da função objetivo quando ocorre o acréscimo de uma unidade na constante de uma restrição, mantendo inalterado os demais coeficientes e constantes das restrições.

Com relação ao custo reduzido Lachtermacher (2004) cita que o mesmo pode ser definido como a proporção que o coeficiente da função objetivo de uma variável original precisa aumentar, anteriormente que a mesma passe a ser básica. O custo reduzido identifica o momento em que, por se deixar de analisar determinada alternativa, está se deixando de ganhar ou perder.

## 2.4 CUSTO

Para Schier (2005) o gasto é classificado como um sacrifício financeiro para o empreendimento, gerado através da aquisição de um produto ou serviço. Dentro de uma empresa, os gastos são gerados a todo instante e em qualquer setor.

De acordo com Megliorini (2007) os custos estão relacionados aos gastos gerados para a fabricação de produtos, aquisição de mercadorias para revenda e para a prestação de serviços.

Geralmente as organizações possuem custos com a aquisição de matérias-primas, equipamentos e mão-de-obra, sendo que estes recursos são necessários para a produção e posteriormente a venda de determinado produto ou serviço (HORNGREN; DATAR; RAJAM, 2011). Os custos estão considerados como diretos e indiretos quando os mesmos estão relacionados aos produtos fabricados e seu processo de produção, respectivamente. Também podem ser classificados como fixos e variáveis no momento em que estão relacionados com os distintos volumes de produção.

Este aspecto também é comentado por D'Amore e Castro (1977), o cálculo dos custos é de grande importância dentro das empresas para a orientação, desenvolvimento e controle. Este processo inicia desde o início de um empreendimento e o acompanha em todo seu período de atividade industrial. O custo industrial está relacionado aos custos de produção, ao preço de custo e ao preço de venda.

## 2.5 RECEITA BRUTA

Segundo Iudícibus *et. al.* (2010) a receita bruta é descrita pela entrada de dinheiro no empreendimento através da venda de produtos e mercadorias ou pela prestação de serviços. O cálculo da receita bruta é realizado através da multiplicação entre a quantidade (q) produzida e o seu preço (p) de venda. A fórmula abaixo representa o cálculo da receita bruta.

Fórmula 1: Cálculo da Receita Total

$$RT = p \times q$$

**Fonte:** Iudícibus *et. al.*, 2010.

De acordo com Marion (2005) em certos casos na agricultura é admissível que se realize o cálculo da receita bruta antes mesmo do ponto de venda do produto. Este fato ocorre especialmente no caso de produtos que apresentam ciclo operacionais relativamente longos, pois o sistema de produção dos mesmos dependem exclusivamente do crescimento natural e existe a possibilidade de se realizar uma análise de mercado objetiva e estável. Um exemplo concreto deste fato são as plantações em crescimento.

## 2.6 MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO

De acordo com Megliorini (2007) a margem de contribuição pode ser definida como o montante que sobra ao preço de venda de um determinado produto, após a dedução dos custos e despesas variáveis sobre o mesmo. Também pode ser vista como a contribuição dos produtos, a cobertura dos custos e despesas fixas e ao lucro. O início da obtenção de lucros em uma empresa só ocorre quando a margem de contribuição dos produtos vendidos estiver superior aos custos e despesas fixas. A margem de contribuição é representada pela fórmula a seguir:

Fórmula 2: Cálculo da Margem de Contribuição

$$MC = PV - (CV + DV)$$

**Fonte:** Megliorini, 2007.

Onde:

MC = Margem de Contribuição

PV = Preço de Venda

CV = Custos variáveis

DV = Despesas variáveis

A margem de contribuição representa a contribuição que cada produto fornece para o pagamento dos custos e despesas fixas da empresa. Através deste dado é possível verificar quais são os produtos que trazem mais lucro, sendo que a empresa pode analisar também em que produtos deve focar suas estratégias de venda (VIANA, 2005).

### 3 METODOLOGIA

Marconi e Lakatos (2003) trazem a ideia de que a metodologia é a fase em que se demonstra como se pretende desenvolver a pesquisa, considerando-se os procedimentos metodológicos utilizados e a caracterização do objeto do estudo. É nesta fase em que se detalha as etapas da realização do estudo.

#### 3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

No que se refere ao método de abordagem, a pesquisa é classificada como dedutiva e quantitativa. Miguel *et. al.* (2010) cita que na pesquisa dedutiva as variáveis que serão avaliadas estão baseadas na teoria que orienta a pesquisa. As deduções foram realizadas a partir da análise de todos os aspectos gerais envolvidos na agricultura e após especificamente na propriedade.

Segundo Sampieri, Collado e Lucio (2013) a pesquisa quantitativa fundamenta-se na medição numérica e avaliação estatística para determinar padrões e confirmar teorias. Neste estudo foram quantificados os recursos disponíveis, os custos de produção, a receita bruta, a margem de contribuição das culturas e por fim, a elaboração do modelo matemático.

As técnicas de procedimentos adotados foram a pesquisa bibliográfica, pesquisa descritiva e estudo de caso. Silva e Menezes (2001) citam que a pesquisa bibliográfica é realizada com base em materiais já publicados em livros, revistas, sites, entre outros, fornecendo uma direção para o estudo. Fez-se uso da pesquisa bibliográfica para aprofundar os conhecimentos referente as culturas estudadas, Pesquisa Operacional e custos.

Os mesmos autores afirmam que a pesquisa descritiva tem como objetivo caracterizar uma certa população, por meio da utilização de técnicas pré-estabelecidas de coleta de dados assumindo normalmente a forma de levantamento. Neste estudo foi verificado como é a situação atual da propriedade rural, descrevendo os dados de custo de produção do milho, trigo e da soja para a elaboração do modelo matemático e a obtenção de qual é a quantidade de hectares viável para o plantio de cada cultura.

Yan (2001 *apud* Miguel *et. al.*, 2010) caracteriza o estudo de caso como de caráter empírico e estuda um episódio da vida real. Neste estudo foram analisadas todas as características específicas da propriedade rural e após foram realizadas as análises econômicas através da resolução do modelo matemático.



As técnicas de coleta de dados utilizadas neste estudo foram a pesquisa documental e a entrevista informal. Para Silva e Menezes (2001), a pesquisa documental é realizada em materiais que não passaram por tratamento analítico. No caso deste estudo foram levantados os custos de produção por meio dos dados existentes nos registros da propriedade rural e com destes dados foi apurada a receita bruta. A entrevista informal foi realizada com o agricultor para a obtenção dos dados de produção de cada cultura, os insumos utilizados por cada hectare, bem como para o levantamento dos dados necessários para a elaboração do modelo matemático.

Para as técnicas de análise de dados foi utilizado o *software Excel* para a elaboração de planilhas eletrônicas que trazem os dados numéricos referentes à produção de cada cultura e a ferramenta *Solver* para a elaboração de um modelo matemático baseado na Programação Linear. Através deste, buscou-se dar respostas ao agricultor quanto às decisões sobre o gerenciamento de seus recursos materiais e de sua produtividade, visando um aumento na margem de contribuição da propriedade rural e maior aproveitamento dos recursos disponíveis.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 HISTÓRICO DA PROPRIEDADE

A propriedade rural que está sendo analisada situa-se na zona rural de Horizontina, município localizado no interior do estado do Rio Grande do Sul. A propriedade iniciou suas atividades no ano de 1953 quando o senhor Bruno Reckziegel adquiriu a mesma, sendo que esta possuía na época 18 hectares de terra. Atualmente os agricultores possuem 130,8 hectares de terra cultiváveis e 46 hectares alugadas de terceiros, sendo que estas são de proprietários diferentes.

Todo o trabalho realizado na propriedade é realizado por pai, filho e eventualmente genro, sendo classificada como uma propriedade familiar. Os agricultores possuem todos os equipamentos necessários para a produção, contando com 1 colheitadeira, 4 tratores (sendo que 1 é totalmente equipado para a aplicação de fungicida, herbicida, secante e inseticida), 1 pulverizador, 3 caminhões, 1 plantadeira, 1 semeadeira, 1 distribuidor de ureia e 1 distribuidor de adubo. Atualmente todo o planejamento da produção é realizado pelos agricultores, sendo que estes baseiam-se em seus conhecimentos para a realização deste processo.

Na propriedade rural em estudo o agricultor investe no cultivo de quatro culturas, sendo estas milho, soja safra, soja safrinha e trigo. Esta rotatividade de culturas é necessária para um melhor aproveitamento do solo, visto que não é recomendável que se produza sempre a mesma cultura nas mesmas frações de terra. Com relação ao ano agrícola, o mesmo inicia-se em junho com o plantio do trigo e é finalizado em maio do ano seguinte, com a colheita da soja safrinha. Na tabela 1 apresenta-se a produtividade de cada cultura no último ano agrícola (2015/2016).

Tabela 1: Produtividade no último ano agrícola por hectare (em sacas)

CULTURA	TOTAL PRODUZIDO (SACAS)	HECTARES CULTIVADOS	PRODUÇÃO/HECTARE (SACAS)
Milho	12.699,41	82	154,87
Soja Safra	5.256	94,8	55,44
Soja Safrinha	3.500	82	42,68
Trigo	4.350	75	58

**Fonte:** Reckziegel, Ruppenthal, 2016.

Na tabela 1 é possível observar que, o milho apresentou uma produção de 12.699,41 sacas em 82 hectares cultivadas, totalizando 154,87 sacas por hectare. Com a produção do soja o agricultor obteve uma produtividade de 5.256 sacas em 94,8 hectares cultivadas, sendo a produção por hectare de 55,44 sacas. A soja safrinha atingiu uma produção de 3.500 sacas em 82 hectares, com isso o rendimento por hectare foi de 42,68 sacas. Já o trigo alcançou uma produção de 4.350 sacas em 75 hectares cultivadas, totalizando uma produção de 58 sacas por hectare.

Conforme já citado anteriormente, o planejamento da produção é realizado pelos proprietários da propriedade rural, porém não há certeza que esta distribuição de culturas é a mais adequada. Por este fato decidiu-se realizar o presente estudo, verificando se esta é a distribuição ideal ou se existe a possibilidade de alterar a produção e consequentemente aumentar a margem de contribuição do empreendimento rural.

#### 4.2 LEVANTAMENTO DE RECURSOS UTILIZADOS E CUSTOS DE PRODUÇÃO PARA O CULTIVO DAS DIFERENTES CULTURAS POR HECTARE

Para o levantamento dos recursos utilizados para a produção das culturas de soja safra, soja safrinha, milho e trigo foi realizada uma entrevista informal com os proprietários da propriedade rural em estudo. Nesta etapa os mesmos informaram quais insumos são utilizados em cada hectare de terra e qual é o tempo gasto por eles para o cultivo, manutenção das culturas e colheita dos produtos.

Os custos de produção para as diferentes culturas foram obtidos através da verificação das notas fiscais arquivadas pelos produtores e também através de dados registrados nos cadernos de anotações utilizados pelos mesmos no ano agrícola de 2015/2016.

##### 4.2.1 Milho

A produção de milho ocorre nos meses de agosto à janeiro, sendo que em todo o mês de agosto é realizado o plantio e a colheita é realizada durante o mês de janeiro. De acordo com as informações obtidas, os recursos utilizados para a produção de um hectare de milho encontram-se na tabela 2, bem como os preços totais de cada insumo.

Tabela 2: Dados da produção de milho por hectare

RECURSO	QUANTIDADE/HA	UNIDADE	TOTAL (R\$)
Secante	3	L	R\$ 74,00
Adjuvante	0,05	L	R\$ 11,00
Herbicida	6	L	R\$ 105,00
Semente de Milho	18	Kg	R\$ 884,00
Tratamento Semente	0,05	L	R\$ 60,00
Adubo	400	Kg	R\$ 656,00
Ureia	300	Kg	R\$ 336,00
Plantio	40	Min	R\$ 120,00
Aplicação Secante e Herbicida	12	Min	R\$ 60,00
Aplicação Ureia	6	Min	R\$ 20,00
Colheita	70	Min	R\$ 521,33
Aluguel	1	Hectare	R\$ 147,46
Transporte	1	Hectare	R\$ 104,27
		<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 3.099,05</b>

**Fonte:** Reckziegel, Ruppenthal, 2016.

Conforme pode ser verificado na tabela 2, o item de maior custo na produção da cultura do milho para o produtor é a semente de milho, representando um total de R\$884,00 por hectare cultivado. A tabela também traz a informação de que o custo total por hectare para a produção do milho é de R\$3.099,05.

Os itens secante, adjuvante e herbicida são classificados como defensivos agrícolas, pois são utilizados para o controle de ervas daninhas. O adubo e a ureia auxiliam no crescimento e desenvolvimento das plantas, aumentando a produtividade.

Os valores de plantio, aplicação de secante e herbicida e colheita representam os gastos com maquinário e mão-de-obra para todo o processo de cultivo e manejo do milho por hectare. O gasto com aluguel é o que o produtor paga por hectare aos proprietários das terras alugadas, sendo que este valor é de 15 sacas de soja por hectare pagas anualmente. O valor do aluguel é dividido entre as quatro culturas, mesmo que seja pago em soja. O custo com transporte é aquele que se tem para levar o produto após a colheita, até a cooperativa.

#### 4.2.2 Soja Safra

O cultivo da soja safra é realizado nos meses de novembro a abril, sendo que o plantio é realizado no mês de novembro e a colheita no mês de abril. Em alguns casos o plantio pode ser realizado na primeira quinzena de dezembro, porém a época de colheita não se altera. Os recursos utilizados para a produção de soja safra e seus respectivos preços apresentam-se na tabela 3.

Tabela 3: Dados da produção de soja por hectare

RECURSO	QUANTIDADE/HA	UNIDADE	TOTAL (R\$)
Secante	6	L	R\$ 72,00
Secante Heat	0,08	Kg	R\$ 46,00
Adjuvante	0,25	L	R\$ 55,00
Fungicida	0,90	L	R\$ 410,00
Inseticida	0,40	L	R\$ 115,00
Semente de Soja Safra	50	Kg	R\$ 150,00
Tratamento Semente	0,08	L	R\$ 55,00
Adubo	250	Sacas	R\$ 315,00
Plantio	40	Min	R\$ 120,00
Aplicação Secante e Fungicida	30	Min	R\$ 150,00
Colheita	40	Min	R\$ 393,54
Aluguel Terra	1	Hectare	R\$ 147,46
Transporte	1	Hectare	R\$ 78,71
		<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 2.107,71</b>

**Fonte:** Reckziegel, Ruppenthal, 2016.

De acordo com as informações da tabela 3 verifica-se que o recurso com maior custo por hectare para o agricultor é o fungicida, representando um total de R\$410,00. O somatório de todos os recursos utilizados representa o custo total para a produção de um hectare de soja safra, resultando um total de R\$2.107,71.

Os recursos secante, secante Heat e adjuvante são aplicados na soja para a eliminação de ervas daninhas. O fungicida é aplicado para a prevenção da ferrugem, visto que se esta não for controlada a produtividade cai drasticamente e pode levar a planta à morte. O inseticida é destinado à proteção das culturas, eliminando a proliferação de insetos e só é utilizado caso

ocorra uma infestação dos mesmos. O adubo é utilizado para o crescimento e desenvolvimento da soja e é aplicado junto ao plantio da soja.

Os valores de plantio, aplicação de secante e fungicida e colheita representam os gastos com maquinário e mão-de-obra para todo o processo de cultivo e manejo do soja safra por hectare. As despesas com aluguel e transporte são as mesmas já citados para a cultura do milho e se aplicam também para as culturas de soja safrinha e trigo.

#### 4.2.3 Soja Safrinha

A Soja Safrinha é cultivada no período de janeiro a maio. O plantio é realizado no mês de janeiro nas mesmas hectares que foi colhido o milho e a colheita é feita durante o mês de maio. A tabela 4 apresenta os recursos utilizados para a produção da soja safrinha, bem como as quantidades de cada um e o custo envolvido.

Tabela 4: Dados da produção de soja safrinha por hectare

RECURSO	QUANTIDADE/HA	UNIDADE	TOTAL (R\$)
Secante	6	L	R\$ 72,00
Secante Heat	0,08	Kg	R\$ 46,00
Adjuvante	0,25	L	R\$ 55,00
Fungicida	0,90	L	R\$ 410,00
Inseticida	0,40	L	R\$ 115,00
Semente Soja Safrinha	50	L	R\$ 120,00
Tratamento Semente	0,08	Kg	R\$ 55,00
Adubo	250	Kg	R\$ 315,00
Plantio	40	Min	R\$ 120,00
Aplicação Secante e Fungicida	30	Min	R\$ 150,00
Colheita	40	Min	R\$ 302,97
Aluguel	1	Hectare	R\$ 147,46
Transporte	1	Hectare	R\$ 60,59
		<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 1.969,02</b>

**Fonte:** Reckziegel, Ruppenthal, 2016.

Diante da análise da tabela 4 verifica-se que o recurso com maior custo por hectare para o produtor é o fungicida, o qual é de R\$410,00. O somatório de todos os custos envolvidos para a produção da soja safrinha é de R\$1.969,02 por hectare.

Os recursos utilizados para a produção da soja safrinha são os mesmos da soja safra, apenas o valor da semente da soja safrinha é menor do que o da soja safra. A principal diferença entre as duas culturas é o período de produção e esse fator impacta também na produtividade da soja safrinha, que é um pouco menor do que da soja safra.

#### 4.2.4 Trigo

O trigo tem seu período de cultivo de junho a outubro, pelo fato de que a mesma é uma cultura de inverno e necessita do frio para o seu crescimento. O plantio é realizado na primeira quinzena do mês de junho e a colheita durante todo o mês de outubro. A tabela 5 apresentada a seguir descreve os recursos utilizados para a produção de um hectare de milho e também a quantidade e o custo dos mesmos.

Tabela 5: Dados da produção de trigo por hectare

RECURSO	QUANTIDADE/HA	UNIDADE	TOTAL (R\$)
Secante Glifosato	3	L	R\$ 74,00
Adjuvante	0,05	L	R\$ 11,00
Herbicida	0,01	Kg	R\$ 15,00
Fungicida	1	L	R\$ 225,00
Inseticida	0,20	L	R\$ 30,00
Semente Trigo	160	Kg	R\$ 240,00
Adubo	250	Kg	R\$ 380,00
Ureia	100	Kg	R\$ 112,00
Plantio	30	Min	R\$ 90,00
Aplicação Secante e Fungicida	30	Min	R\$ 150,00
Colheita	40	Min	R\$ 212,92
Aluguel Terra	1	Hectare	R\$ 147,46
Transporte	1	Hectare	R\$ 42,58
		<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 1.729,97</b>

**Fonte:** Reckziegel, Ruppenthal, 2016.

Ao analisar a tabela 5 é possível verificar que o recurso que representa um maior custo por hectare para o proprietário da propriedade em estudo é o adubo, com um valor de R\$380,00. O custo total de todos os recursos envolvidos para a produção de um hectare de trigo é de R\$1.729,97

Os recursos secante Glifosato, adjuvante e herbicida são utilizados no cultivo do trigo para a eliminação de ervas daninhas. O fungicida é utilizado para o controle da ferrugem, já o inseticida para o controle da infestação de insetos, porém o mesmo só é utilizado quando realmente há necessidade. A aplicação de adubo é feita juntamente com o plantio e a aplicação da ureia posteriormente, sendo que os dois insumos são essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, aumentando significativamente a produtividade.

É possível verificar que os recursos plantio, aplicação de secante e fungicida, colheita, aluguel de terra e transporte são obtidos da mesma forma que as demais culturas, porém o que diferencia é o custo com cada um deles.

### 4.3 APURAÇÃO DA RECEITA BRUTA

A receita bruta está relacionada com a produtividade de cada uma das culturas (milho, soja safra, soja safrinha e trigo) por hectare e também ao preço de venda por saca de cada produto no mercado. A quantidade produzida por hectare de cada cultura foi obtida através da média do ano agrícola 2015/2016, visto que o agricultor não possuía dados precisos das safras dos anos anteriores. O preço de venda foi obtido através da média dos últimos meses (setembro/2015 à agosto/2016).

#### 4.3.1 Milho

Para o cálculo do preço de venda do milho utilizou-se uma média dos preços de mercado dos últimos meses (setembro/2015 à agosto/2016), visto que o agricultor não vende seu produto apenas em uma época do ano. Desta forma, o valor médio obtido foi de R\$33,66 por saca de milho.

De acordo com Condor (2016) a média de produtividade de milho do ano de 2016 no Rio Grande do Sul variou de 150 a 250 sacas por hectare, porém para fins de cálculo utilizou-se a produtividade real da propriedade para ser fiel ao que o agricultor realmente produz e também adotou-se esta prática para as demais culturas, soja safra, soja safrinha e trigo. A quantidade produzida por hectare foi obtida através dos dados arquivados pelo agricultor,



levando em consideração a produção do ano de 2016. A tabela 6 mostra a receita bruta por hectare de milho, sendo que esta foi calculada através da multiplicação das sacas colhidas por hectare e seu preço médio de venda.

Tabela 6: Receita Bruta por hectare de Milho

<b>CULTURA</b>	<b>SACAS POR HECTARE</b>	<b>PREÇO DA SACA</b>	<b>TOTAL</b>
Milho	154,87	R\$ 33,66	R\$5.213,28

**Fonte:** Reckziegel, Ruppenthal, 2016.

Conforme pode-se verificar na tabela 6, a quantidade de sacas colhidas por hectare de milho foi de 154,87, sendo que a mesma está dentro da média estadual. Multiplicando este valor pelo preço médio de R\$33,66 obtém-se uma receita bruta total de R\$5.213,28 por hectare cultivado.

#### 4.3.2 Soja Safra

O preço médio por saca de soja safra foi calculado através da média de preços dos meses de setembro/2015 à agosto/2016, visto que o agricultor não vende seu produto em apenas um período específico do ano. Sendo assim, o preço médio obtido foi de R\$55,44

Segundo Bertolacini (2016) a média de produção de soja safra é de 50 sacas por hectare, sendo que esta é a mesma há 10 anos. A tabela 7 apresentada abaixo traz o valor da receita bruta de soja safra por hectare, sendo que esta foi obtida através da multiplicação das sacas colhidas por hectare e o preço médio da soja.

Tabela 7: Receita Bruta por hectare de Soja Safra

<b>CULTURA</b>	<b>SACAS POR HECTARE</b>	<b>PREÇO DA SACA</b>	<b>TOTAL</b>
Soja Safra	55,44	R\$ 70,98	R\$ 3.935,39

**Fonte:** Reckziegel, Ruppenthal, 2016.

De acordo com as informações da tabela 7, a quantidade de soja safra colhida por hectare foi de 55,44 sacas, sendo que a mesma está acima da média estadual. Como o preço médio por saca de é de R\$70,98 a receita bruta encontrada por hectare é de R\$3.935,39.

### 4.3.3 Soja Safrinha

Para o cálculo da receita bruta foi utilizado o preço médio por saca de soja, sendo este de R\$70,98. O cálculo do preço médio foi realizado através da média de preço entre os meses de setembro/2015 à agosto/2016, visto que o produtor não vende seu produto em apenas um período específico do ano.

De acordo com Conab (2016) a média de produtividade da soja safrinha no ano de 2016 no Rio Grande do Sul variou de 30 à 40 sacas por hectare. Os dados de quantidade de sacas de soja safrinha colhidas por hectare foram obtidos através da análise dos arquivos existentes na propriedade do ano de 2016. A tabela 8 mostra a receita bruta obtida por hectare de soja safrinha em função da produtividade de sacas por hectare e do preço médio de venda de cada saca.

Tabela 8: Receita Bruta por hectare de Soja Safrinha

<b>CULTURA</b>	<b>SACAS POR HECTARE</b>	<b>PREÇO DA SACA</b>	<b>TOTAL</b>
Soja Safrinha	42,68	R\$ 70,98	R\$ 3.029,67

**Fonte:** Reckziegel, Ruppenthal, 2016.

A tabela 8 mostra que a quantidade de soja safrinha colhida por hectare foi de 42,68 sacas. O preço médio obtido foi de R\$70,98, sendo que este é igual ao da soja safra. O produto da multiplicação da quantidade de sacas por hectare pelo preço da saca traz o valor total da receita bruta de R\$3.029,67.

### 4.3.4 Trigo

Para o cálculo do preço de venda do trigo foi utilizada uma média dos preços de mercado dos últimos 12 meses setembro/2015 à agosto/2016, onde o valor médio apurado foi de R\$36,71 por saca.

Segundo Conab (2015) a média de produtividade por hectare do trigo no Rio Grande do Sul está entre 28,85 a 50 sacas por hectare, variando muito de região para região e dependendo principalmente das condições climáticas apresentadas. Para que os cálculos representassem de maneira real os dados da propriedade em estudo, optou-se por utilizar os dados verdadeiros de produtividade da mesma. A quantidade produzida por hectare foi obtida através dos dados arquivados pelo proprietário da propriedade rural, levando em consideração

a produção do ano de 2015. A tabela 9 mostra a receita bruta por hectare de trigo, sendo que esta foi calculada através da multiplicação das sacas colhidas por hectare e seu preço médio de venda.

Tabela 9: Receita Bruta por hectare de trigo

CULTURA	SACAS POR HECTARE	PREÇO DA SACCA	TOTAL
Trigo	58	R\$ 36,71	R\$ 2.129,23

**Fonte:** Reckziegel, Ruppenthal, 2016.

Conforme pode-se verificar na tabela 9, foram colhidas 58 sacas de trigo por hectare no ano estudado. Multiplicando este valor pelo preço médio de R\$36,71 obtém-se uma receita bruta total de R\$2.129,23.

#### 4.3.5 Comparativo entre as receitas brutas

A apuração da receita bruta total faz-se necessário pelo fato de que posteriormente poderá se calcular o lucro total do período estudado. A tabela 10 mostra um comparativo entre a receita bruta de cada cultura, bem como a quantidade de sacas por hectare e o preço médio de mercado praticado para cada saca de determinada cultura.

Tabela 10: Comparativo entre as receitas brutas

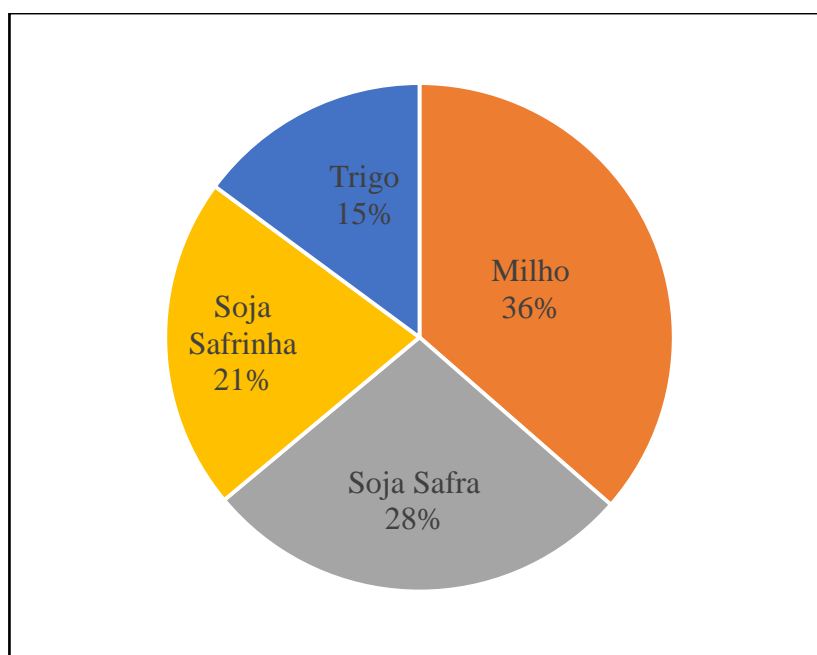
CULTURA	SACAS POR HECTARE	PREÇO DA SACCA	TOTAL
Milho	154,87	R\$ 33,66	R\$ 5.213,28
Soja Safra	55,44	R\$ 70,98	R\$ 3.935,39
Soja Safrinha	42,68	R\$ 70,98	R\$ 3.029,67
Trigo	58	R\$ 36,71	R\$ 2.129,23

**Fonte:** Reckziegel, Ruppenthal, 2016.

Conforme é possível observar na tabela 10, a cultura que apresentou maior produtividade por hectare foi o milho com 154,87 sacas, em contrapartida a cultura que obteve menor produtividade foi a soja safrinha, com uma média de 42,68 sacas por hectare. Com relação ao preço médio de venda, as culturas que possuem o maior preço médio por saca são o soja safra e o soja safrinha, visto que ambos são o mesmo produto, porém plantados e colhidos em épocas distintas. Já o milho apresentou menor preço de mercado, uma média de R\$33,66 por saca, porém o mesmo apresenta maior produtividade.

Em relação à receita bruta, a tabela 10 mostra que o produto que apresenta uma maior participação na quantidade total é o milho com R\$ 5.213,28 por hectare. Já o produto que possui a menor parcela na receita bruta é o trigo com R\$ 2.129,23 por hectare. A figura 2 apresentada mostra a participação de cada cultura na receita bruta.

Figura 2: Participação de cada cultura na Receita Bruta



**Fonte:** Reckziegel, Ruppenthal, 2016.

Na figura 2 verifica-se que o milho possui uma participação de 36% na receita bruta total por hectare, já o trigo contribui com 15%. Para as culturas de soja safra e soja safrinha, a participação na receita bruta total é de 28% e 21%, respectivamente.

#### 4.4 APURAÇÃO DA MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO

Após o cálculo da receita bruta e levantamento dos custos de produção por hectare foi realizado o cálculo da margem de contribuição por hectare. Para tanto, utilizou-se a seguinte fórmula:

Fórmula 3: Cálculo da Margem de Contribuição

$$\text{Margem de Contribuição} = \text{Receita bruta} - \text{custo total}$$

**Fonte:** Megliorini, 2007.

Sendo assim, a tabela 11 apresentada a seguir traz a margem de contribuição por hectare de cada cultura, na safra 2015/2016.

Tabela 11: Margem de Contribuição por hectare

<b>CULTURA</b>	<b>RECEITA BRUTA</b>	<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO</b>
Milho	R\$ 5.213,28	R\$ 3.099,05	R\$ 2.114,23
Soja Safra	R\$ 3.935,38	R\$ 2.107,70	R\$ 1.827,68
Soja Safrinha	R\$ 3.029,66	R\$ 1.969,01	R\$ 1.060,65
Trigo	R\$ 2.129,23	R\$ 1.729,96	R\$ 399,27

**Fonte:** Reckziegel, Ruppenthal, 2016.

De acordo com a tabela 11 é possível verificar que a cultura que possui maior margem de contribuição por hectare é a cultura do milho, com R\$2.114,20. Já a cultura com menor margem de contribuição é a cultura do trigo, com R\$399,27 por hectare cultivado. Para que seja analisada a margem de contribuição total da propriedade rural no ano agrícola de 2015/2016, apresenta-se a tabela 12.

Tabela 12: Margem de Contribuição total da propriedade rural

<b>CULTURA</b>	<b>HECTARES CULTIVADAS</b>	<b>MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO /HECTARE</b>	<b>MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO /CULTURA</b>
Milho	82	R\$ 2.114,22	R\$ 173.366,30
Soja Safra	94,8	R\$ 1.827,68	R\$ 173.264,21
Soja Safrinha	82	R\$ 1.060,65	R\$ 86.972,97
Trigo	75	R\$ 399,26	R\$ 29.944,81
<b>LUCRATIVIDADE TOTAL</b>			<b>R\$ 463.548,28</b>

**Fonte:** Reckziegel, Ruppenthal, 2016.

Conforme é possível verificar na tabela 12 a cultura que apresentou maior margem de contribuição na safra 2015/2016 foi o milho, com R\$173.366,30 em 82 hectares cultivadas. Já o trigo apresentou a menor margem de contribuição, R\$29.944,81 em uma produção de 75 hectares. A margem de contribuição total da propriedade rural foi de R\$463.548,28.

## 4.5 ELABORAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO

Para a análise da quantidade de hectares a serem produzidas de cada cultura utilizou-se a Programação Linear, visando a maximização da margem de contribuição. Para tanto elaborou-se um modelo matemático, sendo que este está dividido em função objetivo, variáveis de decisão e restrições do modelo.

### 4.5.1 Função Objetivo

A elaboração da função objetivo tem como principal finalidade obter resultados mais expressivos em relação a lucratividade das culturas de milho, soja safra, soja safrinha e trigo, ou seja, ter um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis pelo proprietário da propriedade rural. As culturas cultivadas pela propriedade rural são representadas pelas variáveis de decisão, conforme o quadro 1 apresentado a seguir:

Quadro 1: Variáveis de decisão do modelo matemático

$X_i$	VARIÁVEIS
$X_1$	Quantidade a ser produzida de milho
$X_2$	Quantidade a ser produzida de soja safra
$X_3$	Quantidade a ser produzida de soja safrinha
$X_4$	Quantidade a ser produzida de trigo

**Fonte:** Reckziegel, Ruppenthal, 2016.

Conforme é possível verificar no quadro 1, as variáveis de decisão representam a quantidade a ser produzida de cada cultura, respeitando a quantidade de terra disponível na propriedade rural. Os coeficientes da função objetivo são descritos pela margem de contribuição de cada uma das quatro culturas: milho, soja safra, soja safrinha e trigo. Desta forma, a função objetivo é representada por:

$$Z \text{ máx} = 2.114,23 x_1 + 1.827,68 x_2 + 1.060,65 x_3 + 399,27 x_4$$

É possível verificar que no caso da propriedade rural em estudo a função objetivo foi maximizada, ou seja, buscou-se analisar a margem de contribuição máxima que se pode obter na propriedade utilizando os mesmos recursos.

#### 4.5.2 Restrições do modelo matemático

As restrições do modelo matemático descrevem a quantidade de insumos utilizados para a produção de cada hectare de terra, a disponibilidade de mão-de-obra e maquinário por hectare, ao número de hectares disponíveis para a produção das culturas de milho, soja safra, soja safrinha e trigo.

Os valores que encontram-se ao lado direito da desigualdade representam a quantidade máxima disponível de cada restrição para o plantio e colheita de cada cultura, sendo que estes valores foram obtidos através da análise das notas fiscais arquivadas e por informações dadas pelo proprietário da propriedade rural. Representam também a quantidade de hectares disponíveis na propriedade rural para o plantio das quatro culturas. A tabela 13 apresenta as restrições do modelo matemático.

Tabela 1: Restrições do modelo matemático

RESTRIÇÃO	X1	X2	X3	X4	DISPONÍVEL	UN	
Secante	3	+	6	+	6	+	0 ≤ 1400 L (1)
Secante Heat	0	+	0,08	+	0,08	+	0 ≤ 16 Kg (2)
Secante Glifosato	0	+	0	+	0	+	3 ≤ 230 L (3)
Adjuvante	0,05	+	0,25	+	0,25	+	0,05 ≤ 57 L (4)
Herbicida	6	+	0	+	0	+	0,01 ≤ 610 L (5)
Fungicida	0	+	0,9	+	0,9	+	1 ≤ 238 L (6)
Inseticida	0	+	0,4	+	0,4	+	0,2 ≤ 89 L (7)
Adubo	400	+	250	+	250	+	250 ≤ 98000 Kg (8)
Ureia	300	+	0	+	0	+	100 ≤ 33000 Kg (9)
Semente Milho	18	+	0	+	0	+	0 ≤ 1800 Kg (10)
Semente Soja Safra	0	+	50	+	0	+	0 ≤ 5000 Kg (11)
Semente Soja Safrinha	0	+	0	+	50	+	0 ≤ 4500 Kg (12)
Semente Trigo	0	+	0	+	0	+	160 ≤ 12160 Kg (13)
Tratamento Semente	0,05	+	0,08	+	0,08	+	0 ≤ 20 L (14)
Plantio	40	+	40	+	40	+	30 ≤ 33600 H (15)
Colheita	70	+	40	+	40	+	40 ≤ 72000 H (16)
Milho + Trigo	1	+	0	+	0	+	1 ≤ 176,8 Ha (17)
Soja Safra + Soja Safrinha	0	+	1	+	1	+	0 ≤ 176,8 Ha (18)
Não negatividade	X1	:	X2	:	X3	:	X4 ≥ 0 (19)

Fonte: Reckziegel, Ruppenthal, 2016.

Na tabela 13 estão representadas as equações da restrição do modelo matemático. As equações de 1 à 7 são os defensivos agrícolas utilizados em cada hectare de terra para o cultivo das quatro culturas, sendo que estas devem ser menores ou iguais a disponibilidade de defensivos agrícolas existentes. Verifica-se que em alguns casos o consumo de determinado defensivo é zero, isso quer dizer que para aquela cultura o defensivo agrícola não é utilizado.

As equações 8 e 9 são adubo e ureia, respectivamente, sendo que estes insumos proporcionam um melhor crescimento e desenvolvimento para as plantas. Observa-se que no caso da soja safra e soja safrinha o consumo de ureia é zero, isso se dá pelo fato de que nestas culturas não é utilizado este produto. Já as restrições 10 à 13 representam a quantidade em kg de semente utilizada para cada cultura. Ambas equações devem ser menores ou iguais a disponibilidade de produtos existentes. Para as culturas que não utilizam determinada semente, o consumo está zerado. A restrição 14 refere-se ao tratamento da semente que é realizado antes do plantio com o objetivo de deixar a mesma mais forte e resistente ao ataque de insetos. É possível verificar que na semente de trigo não é realizado, por isso aparece zerado.

É possível observar que as restrições 15 e 16 referem-se a quantidade de tempo gasto com o plantio e colheita, respectivamente, de cada hectare, sendo que é importante destacar que as equações devem ser menores ou iguais a quantidade de tempo disponível. As equações 17 e 18 correspondem a quantidade de hectares disponível para a produção de milho e trigo, que são concorrentes pelo fato de serem plantados praticamente no mesmo período, e de soja safra e soja safrinha, que também são concorrentes, sendo que a equação também deve ser menor ou igual a quantidade de hectares disponíveis. A equação 19, sendo esta a última, refere-se ao fato de que as variáveis necessitam ser maiores ou iguais a zero, isto é, a não negatividade indica que as variáveis não podem ser menores do que zero.

#### **4.5.3 Resolução do modelo matemático**

Para a resolução do modelo matemático, as quatro variáveis de decisão, a função objetivo e as 18 restrições foram inseridas no software computacional *Microsoft Excel*. A figura 3 apresentada a seguir mostra a modelagem do problema original em *Excel*.



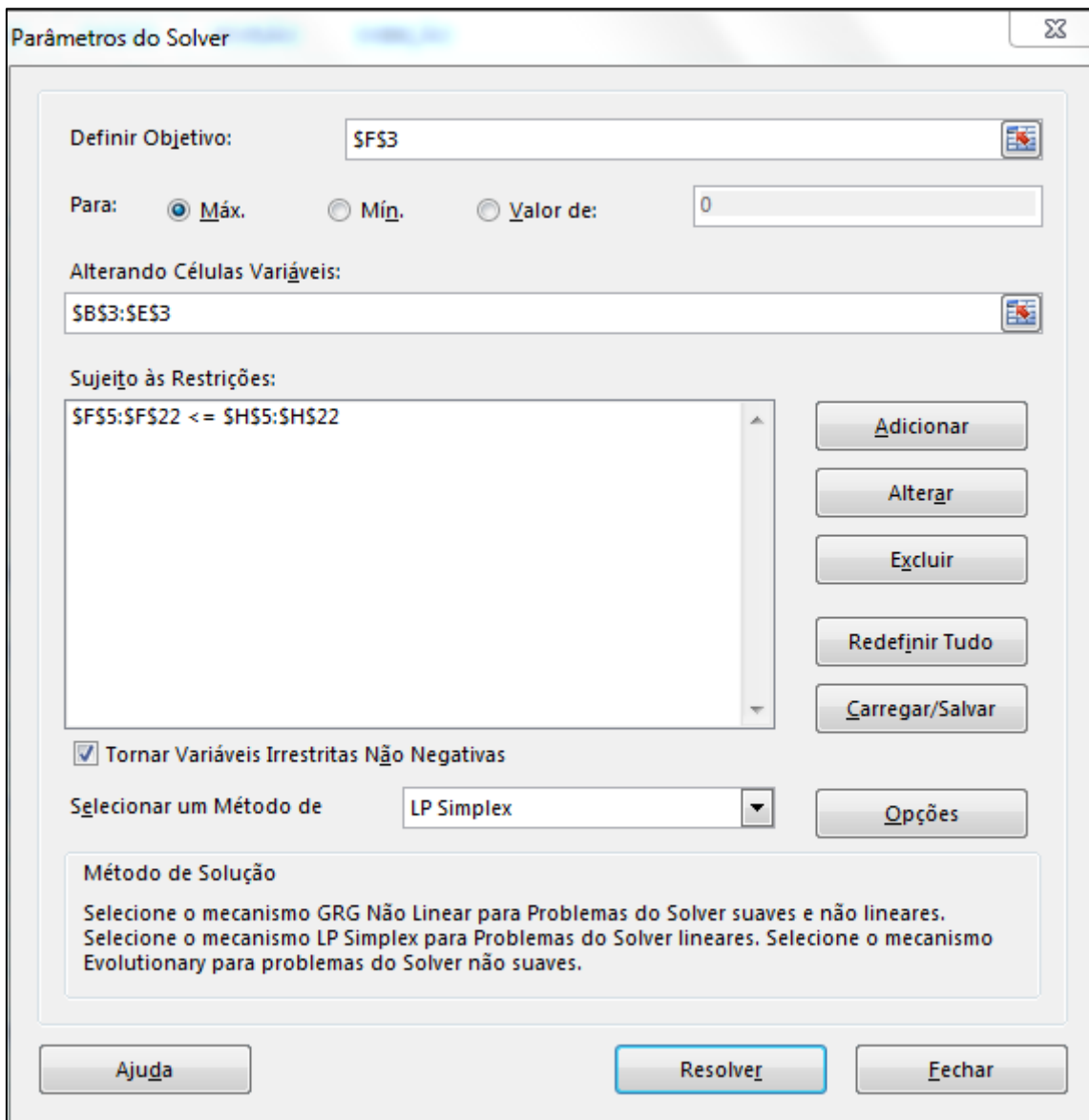
Figura 3: Modelagem do problema original no software *Microsoft Excel*

	Milho	Soja Safra	Soja Safrinha	Trigo			
Maximizar Z	2114,22	1827,68	1060,65	399,26	0		
	0	0	0	0	0		
Sujeito a					Utilizado	≤	Disponibilidade
Secante	3	6	6	0	-	≤	1.400
Secante Heat	0	0,08	0,08	0	-	≤	16
Secante Glifosato	0	0	0	3	-	≤	230
Adjuvante	0,05	0,25	0,25	0,05	-	≤	57
Herbicida	6	0	0	0,01	-	≤	610
Fungicida	0	0,9	0,9	1	-	≤	238
Inseticida	0	0,4	0,4	0,2	-	≤	89
Adubo	400	250	250	250	-	≤	98.000
Uréia	300	0	0	100	-	≤	33.000
Semente Milho	18	0	0	0	-	≤	1.800
Semente Soja Safra	0	50	0	0	-	≤	5.000
Semente Soja Safrinha	0	0	50	0	-	≤	4.500
Semente Trigo	0	0	0	160	-	≤	12.160
Tratamento Semente	0,05	0,08	0,08	0	-	≤	20
Plantio	40	40	40	30	-	≤	33.600
Colheita	70	40	40	40	-	≤	72.000
Milho + Trigo	1	0	0	1	-	≤	176,80
Soja Safra + Soja Safrinha	0	1	1	0	-	≤	176,80

**Fonte:** Reckziegel, Ruppenthal, 2016.

Conforme é possível verificar na figura 3, as restrições apresentam-se ao lado esquerdo e a disponibilidade de cada recurso está situada ao lado direito. O sinal de menor ou igual mostra que as equações devem ser menores ou iguais à quantidade de recursos disponíveis. A função objetivo é apresentada na parte superior com as quatro variáveis de decisão, sendo elas  $x_1$  (milho),  $x_2$  (soja safra),  $x_3$  (soja safrinha) e  $x_4$  (trigo).

Então, foi utilizada a função *Solver* para encontrar a solução ótima, isto é, a solução que maximizará a margem de contribuição do produtor rural utilizando os mesmos recursos disponíveis para cada hectare de terra. A figura 4 expõe a aplicação da ferramenta *Solver* no software *Microsoft Excel* e definição dos parâmetros.

Figura 4: Aplicação da ferramenta *Solver* no *software Microsoft Excel*

**Fonte:** Reckziegel, Ruppenthal, 2016.

É possível observar na figura 4 que a função objetivo foi definida, selecionou-se a opção de maximização e as células variáveis foram identificadas. Também foi apresentado à quais restrições o modelo matemático está sujeito. O método selecionado para a resolução do modelo foi o método simplex.

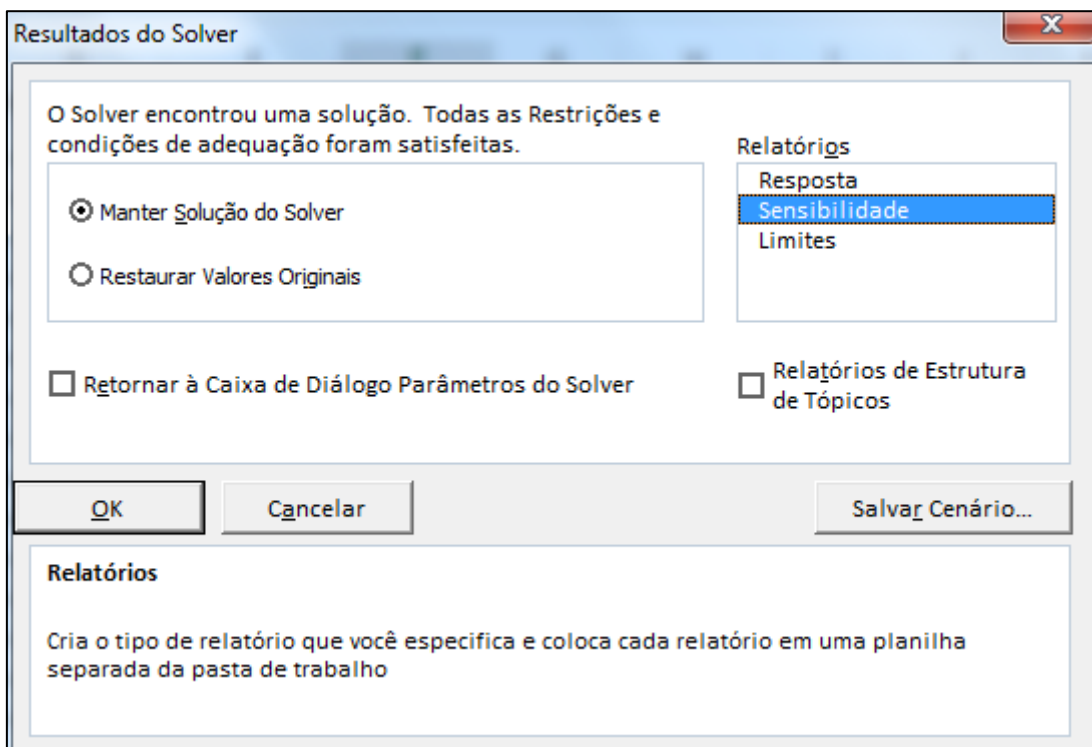
#### 4.6 ANÁLISES ECONÔMICAS PARA A TOMADA DE DECISÃO

Na execução do presente estudo as análises econômicas são de suma importância, pois trazem informações que podem melhorar o desempenho da propriedade agrícola. Segundo Shichmidt (2006) *apud* Adriano (2013) a análise econômica é um mecanismo de grande importância que auxilia na gestão dos empreendimentos e serve de apoio à tomada de decisões. Também auxilia na minimização de incertezas por parte dos administradores, auxiliando-os na definição de qual é o melhor caminho a ser perseguido.

##### 4.6.1 Análise de Sensibilidade

Após a realização dos cálculos do modelo matemático através do *Solver*, foi gerado o relatório de sensibilidade. Este permite que sejam realizadas análises a respeito das alterações que podem ocorrer nas variáveis de decisão da função objetivo e também a possibilidade de variação nas restrições. A figura 5 mostra a janela de resultados do *Solver* onde se dá o comando de que se deseja gerar o relatório de sensibilidade.

Figura 5: Janela de resultados do *Solver*



**Fonte:** Reckziegel, Ruppenthal, 2016.

Lanchtermacher (2009) enfatiza que o *Excel* realiza a análise de sensibilidade considerando somente a alteração de apenas um valor de cada vez, sendo este o coeficiente das variáveis da função objetivo ou da constante de uma restrição. O relatório de sensibilidade é fracionado em duas partes, a primeira mostra as modificações possíveis dos coeficientes das variáveis de decisão da função objetivo. A segunda parte está relacionada às prováveis mudanças que as constantes das restrições estão sujeitas.

O relatório de sensibilidade gerado pelo *Solver* encontra-se na figura 6 apresentada a seguir.

Figura 6: Relatório de Sensibilidade

Microsoft Excel 15.0 Relatório de Sensibilidade  
 Planilha: [Produtividade.xlsx]Modelo matemático  
 Relatório Criado: 07/10/2016 20:12:12

## Células Variáveis

		Final	Reduzido	Objetivo	Permitido	Permitido
Célula	Nome	Valor	Custo	Coeficiente	Aumentar	Reduzir
\$B\$3	Milho	100	0	2114,22	1E+30	916,43
\$C\$3	Soja Safra	100	0	1827,68	1E+30	767,04
\$D\$3	Soja Safrinha	76,8	0	1060,65	767,04	1060,65
\$E\$3	Trigo	30	0	399,26	305,48	399,26

## Restrições

		Final	Sombra	Restrição	Permitido	Permitido
Célula	Nome	Valor	Preço	Lateral R.H.	Aumentar	Reduzir
\$F\$5	Secante	1360,8	0	1400	1E+30	39,2
\$F\$6	Secante Heat	14,14	0	16	1E+30	1,86
\$F\$7	Secante Glifosato	90	0	230	1E+30	140
\$F\$8	Adjuvante	50,7	0	57	1E+30	6,3
\$F\$9	Herbicida	600,3	0	610	1E+30	9,7
\$F\$10	Fungicida	189,12	0	238	1E+30	48,88
\$F\$11	Inseticida	76,72	0	89	1E+30	12,28
\$F\$12	Adubo	91700	0	98000	1E+30	6300
\$F\$13	Uréia	33000	3,99	33000	2520	3000
\$F\$14	Semente Milho	1800	50,91	1800	29,25	276
\$F\$15	Semente Soja Safra	5000	15,34	5000	3840	660
\$F\$16	Semente Soja Safrinha	3840	0	4500	1E+30	660
\$F\$17	Semente Trigo	4800	0	12160	1E+30	7360
\$F\$18	Tratamento Semente	19,14	0	20	1E+30	0,856
\$F\$19	Plantio	11972	0	33600	1E+30	21628
\$F\$20	Colheita	15272	0	72000	1E+30	56728
\$F\$21	Milho + Trigo	130	0	176,8	1E+30	46,8
\$F\$22	Soja Safra + Soja Safrinha	176,8	1060,65	176,8	6,53	76,8

**Fonte:** Reckziegel, Ruppenthal, 2016.

Em um primeiro momento observa-se na figura 6 que no campo das células variáveis apresenta-se a coluna “final valor” que demonstra a quantidade de hectares a serem produzidas de cada cultura a fim de maximizar o lucro. Verifica-se que a quantidade a ser cultivada de cada cultura é 100 hectares de milho, 100 hectares de soja safra, 76,8 hectares de soja safrinha e 30 hectares de trigo.

A disponibilidade de terra da propriedade rural é de 176,8 hectares entre próprias e alugadas. Visto que o soja safra e o soja safrinha são plantados no mesmo período, o somatório da quantidade de hectares que se deve produzir de cada cultura é igual a quantidade de hectares disponíveis, ou seja, neste caso para a produção de ambas culturas é utilizada toda a terra disponível. Já para as culturas de milho e trigo que são plantados no mesmo período, o somatório da área plantada de ambas as culturas é de 130 hectares, ou seja, 46,8 hectares ficariam sem ser cultivadas em determinado período. Isso se deve pelo fato de que o modelo matemático entende que não é viável produzir muitos hectares de trigo, pois os custos para a produção do trigo são muito elevados. Desta forma, sua lucratividade é muito baixa em relação às demais culturas.

Na coluna custo reduzido apresentam-se os valores para aquelas culturas que não seria viável cultivar. No caso do relatório de sensibilidade apresentado na figura 6, o custo reduzido é zero pelo fato de que todas as culturas são viáveis de serem produzidas.

A coluna objetivo coeficiente evidencia o margem de contribuição de cada cultura por hectare, sendo que o milho apresenta uma margem de contribuição de R\$2.114,22, a soja safra de R\$1.827,68, a soja safrinha de R\$1.060,64 e o trigo de R\$399,26.

Através da multiplicação da quantidade de hectares que o modelo matemático sugere produzir de cada cultura (final valor) e a margem de contribuição de cada cultura (coeficiente objetivo), obtém-se a margem de contribuição total para cada cultura. Fazendo o somatório da margem de contribuição total de cada cultura, obtém-se a margem de contribuição máxima que se pode atingir através da aplicação do modelo matemático. A tabela 14 apresentada a seguir mostra estes valores.

Tabela 14: Margem de Contribuição a ser obtida com a aplicação do modelo matemático

<b>CULTURA</b>	<b>QUANTIDADE DE HECTARES</b>	<b>MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO /HECTARE</b>	<b>MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO /CULTURA</b>
Milho	100	2.114,22	R\$ 211.422,31
Soja Safra	100	1.827,68	R\$ 182.768,15
Soja Safrinha	76,8	1.060,65	R\$ 81.457,61
Trigo	30	399,26	R\$ 11.977,92
<b>MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO TOTAL</b>			<b>R\$ 487.626,00</b>

**Fonte:** Reckziegel, Ruppenthal, 2016.

Conforme observa-se na figura 14, a margem de contribuição otimizada da propriedade rural, após o plantio de cada cultura na quantidade de hectares sugeridas pelo relatório de sensibilidade, seria de R\$211.422,31 para o milho (100 hectares), R\$182.768,15 para a soja safra (100 hectares), R\$81.457,61 para a soja safrinha (76,8 hectares) e R\$11.977,92 de trigo (30 hectares). Através da margem de contribuição otimizada total da propriedade rural em um ano agrícola poderia atingir um valor total de R\$487.626,00. Comparando com a margem de contribuição atual da propriedade de R\$463.548,28 apresentada na tabela 12, a otimização representaria um aumento de R\$ 24.077,72 (em torno de 5%) na margem de contribuição total da propriedade rural.

Com relação à segunda parte do relatório de sensibilidade, esta apresenta informações ligadas às restrições do modelo matemático. A coluna “Final Valor” representa o quanto de cada restrição é empregado para o cultivo das quatro culturas. Desta forma o agricultor pode programar o quanto de cada restrição é necessário para o cultivo das culturas de milho, soja safra, soja safrinha e trigo.

A coluna “Sombra Preço” mostra o quanto é possível aumentar a margem de contribuição por hectare caso seja aumentada a disponibilidade de determinada restrição. No caso da ureia, caso o agricultor adquirir mais quilos deste insumo, haverá um aumento de R\$3,99 na margem de contribuição total nas culturas de trigo e milho, visto que apenas estas necessitam da aplicação da ureia, este fator conseqüentemente aumentará também a margem de contribuição total. Já no caso da semente de milho, para cada quilo a mais que o agricultor adquirir e cultivar, haverá um acréscimo de R\$50,91 na margem de contribuição total da propriedade. Para a semente de soja safra, a cada quilo que o proprietário adquirir e cultivar de semente haverá um aumento de R\$15,34 na margem de contribuição total. O preço sombra mostra também que, a cada hectare que o agricultor aumentar para o cultivo de soja safra e soja safrinha haverá um aumento de R\$1.060,65 na margem de contribuição total, porém hoje o proprietário da propriedade rural não possui mais hectares de terra disponíveis para cultivo.

Na coluna “Restrição Lateral R.H” apresenta-se a disponibilidade cada restrição. Na coluna “Permitido Aumentar” indica o quanto é possível aumentar de cada restrição sem que haja alteração nas demais restrições. Já a coluna “Permitido Reduzir” mostra o quanto é possível reduzir de cada restrição sem que ocorra interferência nas demais restrições. Este aumento ou redução de cada restrição irá aumentar ou diminuir a margem de contribuição por hectare, sendo que isso ocorre apenas para aquelas restrições onde o preço sombra é maior do que zero, ou seja, quando todo o recurso é utilizado.

A análise de sensibilidade mostra que é permitido aumentar 2.520 kg de ureia e a cada quilo que se adquirir a margem de contribuição aumenta em R\$3,99. Também é possível aumentar 29,25 kg de semente de milho, gerando um aumento de R\$50,91 por quilo adquirido e cultivado. Já no caso da semente de soja safra é possível adquirir mais 3.840 kg de semente, sendo que a cada quilo ocorre um aumento de R\$15,34 na margem de contribuição total. Verifica-se também que é possível aumentar 6,53 hectares de soja safra e soja safrinha, gerando um aumento de R\$1.060,65 na margem de contribuição total a cada hectare a mais que se terá disponível.

No caso das restrições em que há sobras de recursos, a coluna “Permitido Reduzir” mostra a quantidade que se pode reduzir de cada restrição sem que ocorra diminuição na margem de contribuição. Um exemplo é o caso do adubo que se tem uma sobra de 6.300 kg, o agricultor pode reduzir a compra deste insumo e diminuir os seus gastos com o mesmo, repassando este valor que irá sobrar para outras atividades ou investimentos.

#### 4.6.2 Comparativo entre situação atual com a apresentada pelo modelo matemático

O modelo matemático trouxe resultados diferentes para o número de hectares a se produzir de cada cultura, comparado com a situação atual encontrada na propriedade rural. Também mostrou que é possível aumentar a margem de contribuição com os mesmos recursos disponíveis. Na tabela 15 é possível observar os valores atuais da propriedade com relação ao número de hectares cultivados e a opção ideal apresentada pelo modelo matemático.

Tabela 15: Dados comparativos entre o número de hectares atual e o ideal

CULTURA	QUANTIDADE DE HECTARES ATUAL	QUANTIDADE DE HECTARES IDEAL	DIFERENÇA NÚMERO HECTARES
Milho	82	100	18
Soja Safra	94,8	100	5,2
Soja Safrinha	82	76,8	- 5,2
Trigo	75	30	- 45

**Fonte:** Reckziegel, Ruppenthal, 2016.



De acordo com a tabela 15, para que se tenha um aumento na margem de contribuição, a produção ideal de milho é de 100 hectares, gerando um aumento de 18 hectares cultivados desta cultura. Para a soja safra, deve-se aumentar o número de hectares cultivados em 5,2, totalizando um total de 100 hectares cultivados. Já para a soja safrinha, é necessário que se reduza em 5,2 hectares a área cultivada, totalizando 76,8 hectares a serem cultivados. Isso ocorre também com o trigo, pois o ideal é que se reduza em 45 hectares a produção desta cultura, totalizando apenas 30 hectares a serem produzidos.

Conforme já citado anteriormente, através da produção ideal sugerida pelo modelo matemático, haverá um aumento significativo na margem de contribuição da propriedade rural a partir do momento em que o agricultor aplicar este novo modelo de produção. A tabela 16 mostra a nova lucratividade que poderá ser obtida.

Tabela 16: Dados comparativos entre a margem de contribuição atual e a ideal

<b>CULTURA</b>	<b>MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO ATUAL</b>	<b>MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO IDEAL</b>	<b>DIFERENÇA</b>
Milho	R\$ 173.366,30	R\$ 211.422,31	R\$ 38.056,02
Soja Safra	R\$ 173.264,21	R\$ 182.768,15	R\$ 9.503,94
Soja Safrinha	R\$ 86.972,97	R\$ 81.457,61	-R\$ 5.515,36
Trigo	R\$ 29.944,81	R\$ 11.977,92	-R\$ 17.966,88
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 463.548,28</b>	<b>R\$ 487.626,00</b>	<b>R\$ 24.077,72</b>

**Fonte:** Reckziegel, Ruppenthal, 2016.

Na tabela 16 verifica-se que a margem de contribuição do milho aumenta significativamente, passando de R\$ 173.366,30 para R\$ 211.422,31, gerando um aumento de R\$ 38.056,02 na margem de contribuição total do milho. Este fato também é observado para a produção do soja safra, onde a margem de contribuição total aumenta de R\$ 173.264,21 para R\$ 182.768,15, aumentando o mesmo em R\$ 9.503,94. Esse aumento se deve pelo fato de que, em relação a quantidade atual de hectares cultivadas de cada cultura, a produção ideal tem um aumento na quantidade de hectares que devem ser cultivadas de milho e soja safra.

Já para a soja safrinha, é visto que a margem de contribuição total desta cultura tem uma redução de R\$ 5.515,36, passando de R\$ 86.972,97 para R\$ 81.457,61. Isso ocorre também para a cultura de trigo, onde tem-se uma redução de R\$ 17.966,88 na margem de contribuição total, sendo que a margem de contribuição da situação atual é de R\$ 29.944,81 e da ideal é de R\$ 11.977,92. Essa diminuição da margem de contribuição das culturas de soja

safrinha e trigo se deve pelo fato de que na produção ideal o número de hectares a serem cultivados de cada cultura é menor do que a situação atual.

Com relação à margem de contribuição total da propriedade rural em um ano agrícola, verifica-se que a mesma passou de R\$ 463.548,28 para R\$ 487.626,00, gerando um aumento significativo de R\$ 24.077,72, em torno de 5%. Desta forma, o produtor rural pode ter a margem de contribuição de sua propriedade rural aumentada se seguir o modelo matemático.

#### **4.6.3 Sugestões para a tomada de decisão**

Conforme observado no relatório de sensibilidade, sugere-se ao agricultor que seja aumentada a produção de soja safra para 100 hectares e a produção de soja safrinha seja diminuída para 76,8 hectares, totalizando os 176,8 hectares disponíveis, visto que estas culturas são produzidas no mesmo período. Para a produção de milho sugere-se que sua produção seja aumentada para 100 hectares e seja diminuída a produção de trigo para apenas 30 hectares e 46,8 hectares ficariam sem ser cultivadas pela cultura de trigo, totalizando assim os 176,8 hectares disponíveis, sendo que o milho e o trigo são plantados no mesmo período.

O modelo matemático sugere que 46,8 hectares fiquem sem ser cultivados, porém a terra não pode ficar sem cobertura durante um período muito longo. Isso se deve pelo fato de que pode ocorrer a infestação de ervas daninhas e perda de produtividade, desta forma, propõe-se que o agricultor faça uma cobertura do solo com outras culturas.

Segundo Heckler *et. al* (1998) *apud* ALVARENGA, CABEZAS, CRUZ E SANTANA (2001) citam que a camada protetora que se forma com a aplicação de uma cobertura de solo possibilita que este fique protegido do impacto direto da chuva e do excesso de água que a mesma pode causar, isso minimiza ou elimina a possibilidade de erosão do solo. Também reduz a evaporação e possibilita o armazenamento da água no solo. Promove gradativamente um aumento de matéria prima orgânica para os microrganismos, da mesma forma aumentando as atividades microbianas e isso faz com que aumente a disponibilidade de nutrientes às plantas que serão cultivadas posteriormente, melhorando sua produtividade. Outro benefício é que sua presença forma uma camada protetora que promove o controle de ervas daninhas. A cobertura do solo conserva e aprimora os atributos físicos, biológicos e químicos do solo, aumentando sua qualidade.

Diante do exposto, sugere-se que o agricultor faça a cobertura do solo com o nabo forrageiro. De acordo com Barros e Jardine (2016) o nabo forrageiro é utilizado em grande escala para a adubação verde, pelo fato de que as raízes da planta descompactam o solo e

possibilitam que este tenha um bom preparo biológico para a rotação de culturas. Esta planta apresenta uma capacidade muito alta de realizar a reciclagem de nutrientes do solo, em especial o nitrogênio e o fósforo, mostrando-se uma espécie de grande importância para a rotação de culturas como o milho e a soja. Em média, após 60 dias do seu plantio o nabo forrageiro já cobre 70% do solo. Esta cultura seria ideal para ser cultivada nos hectares em que não se plantaria o trigo por ser bem resistente à geada e seu plantio é de abril à junho. Esta cobertura faria com que o solo ficasse mais produtivo aumentando conseqüentemente a lucratividade da propriedade rural.

Outra sugestão a ser feita ao proprietário da propriedade rural é que de acordo com o relatório de sensibilidade apresentado na figura 5, ocorreu a sobra de alguns insumos. Propõe-se ao agricultor que seja feita somente a compra dos insumos necessários para o cultivo de cada cultura, sendo que desta forma os custos para produção seriam diminuídos. Por meio desta redução de custos, haveria a possibilidade de realizar outros investimentos na propriedade como a compra de novos equipamentos, construção de galpões mais modernos para a alocação dos implementos agrícolas, entre outros.

De acordo com o relatório de sensibilidade apresentado na figura 5, a cada hectare a mais que for produzido de soja safra e soja safrinha, obtém-se um aumento na margem de contribuição total de R\$1.060,65. Desta forma, sugere-se ao agricultor que analise a possibilidade de alugar mais hectares de terra para que seja possível aumentar a produtividade destas culturas, porém cabe ressaltar que deve-se analisar esta viabilidade, devendo ser nas mesmas condições atuais (valor pago por hectare alugado).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente o setor agrícola vem se destacando na economia brasileira, sendo que este é liderado principalmente por grandes fazendas que em sua maioria apresentam um planejamento estruturado de sua produção. Entretanto, existem também neste mercado pequenas propriedades rurais administradas de forma familiar e na maioria das vezes, estas não apresentam um planejamento adequado de sua produção, como é o caso da propriedade rural estudada. Neste contexto, a utilização da Pesquisa Operacional surge para auxiliar na busca de um planejamento mais robusto da produção e conseqüentemente no aumento da margem de contribuição da propriedade rural, aumentando da mesma forma a competitividade desta no mercado.

O presente estudo foi realizado no período de junho à outubro de 2016 e apresenta uma proposta para o cultivo de milho, soja safra, soja safrinha e trigo em uma propriedade rural com possibilidade de aumentar a margem de contribuição da mesma, aplicando-se a Programação Linear. A proposta foi bem vista pelos agricultores e os mesmos pensam em implantar os resultados obtidos e as sugestões dadas, visto os seus benefícios.

O problema de pesquisa apresentado neste estudo foi o de verificar de que forma é possível melhorar a margem de contribuição de uma propriedade rural com os mesmos recursos disponíveis por meio do uso da programação linear, onde para responder esta questão elaborou-se o modelo matemático, inserindo os recursos disponíveis para a produção de cada cultura na propriedade rural e a resolução do mesmo foi realizada pelo método *Solver* no *Software Microsoft Excel* baseado na programação linear. O relatório de sensibilidade mostrou que é possível aumentar a margem de contribuição da propriedade rural com os mesmos recursos disponíveis, através do remanejamento dos hectares de terra produzidos de cada cultura.

Neste sentido, o objetivo geral deste estudo era analisar e determinar por meio da programação linear qual é a combinação de culturas que irá proporcionar maior margem de contribuição, utilizando os mesmos recursos disponíveis. Este objetivo foi atingido visto que através da elaboração do modelo matemático definiu-se quais culturas devem ser plantadas nos hectares de terra disponíveis, sendo 100 hectares de milho, 100 hectares de soja safra, 76,8 hectares de soja safrinha e 30 hectares de trigo. Com a utilização deste modelo de produção a margem de contribuição passará de R\$ 463.548,28 para R\$ 487.626,00, tendo um aumento de R\$ 24.077,72, o qual representa um aumento de 5%.

No que se refere a realização do levantamento dos recursos necessários para o cultivo das diferentes culturas, bem como os custos de produção de cada cultura por hectare, verificase que este objetivo foi atingido. Para tanto realizou-se uma entrevista informal com o agricultor que informou quais são os recursos necessários para as culturas de milho, soja safra, soja safrinha e trigo. Os custos de produção foram obtidos através dos dados de notas fiscais e também de outros dados arquivados pelo proprietário da propriedade.

Quanto a apurar a receita bruta de cada cultura, este objetivo foi atingido por meio do levantamento da quantidade total de hectares produzidos de cada cultura na safra 2015/2016. Também realizou-se uma média de preço de mercado de cada cultura, levando-se em conta os meses de setembro/2015 à agosto/2016. Por meio destes dados calculou-se a receita bruta por hectare para cada cultura, sendo esta de R\$ 3.099,05 para o milho, R\$ 3.935,39 para a soja safra, R\$ 3.029,67 para a soja safrinha e R\$ 2.129,23 para o trigo.

Neste contexto, ao estimar a margem de contribuição atual, atingiu-se este objetivo através da subtração entre a receita bruta e o custo total obtido por hectare. Desta forma, a margem de contribuição atual que a propriedade rural tem por hectare para a cultura do milho é de R\$ 2.114,23, para a soja safra é de R\$ 1.827,68, para a soja safrinha é de R\$ 1.060,65 e para o trigo de R\$ 399,27.

O quarto objetivo do estudo era a elaboração do modelo matemático, onde inseriu-se todas as restrições referentes ao cultivo das quatro culturas e a disponibilidade de cada recurso. A função objetivo foi formulada através da margem de contribuição de cada cultura.

A realização das análises econômicas para auxiliar o agricultor na tomada de decisão foi o quinto e último objetivo atingido. O relatório de sensibilidade gerado pelo *Solver* mostrou qual é a quantidade adequada a se produzir de cada cultura por hectare de terra disponível, maximizando a margem de contribuição da propriedade utilizando os mesmos recursos disponíveis. Verificou-se também que é possível reduzir a compra de determinados insumos, possibilitando que este valor seja investido em melhorias na propriedade.

Este estudo foi essencial para aprimorar os conhecimentos adquiridos durante o curso de Engenharia de Produção, visto que o mesmo englobou diversos aspectos como a determinação da receita bruta, o lucro e a produção ideal para a propriedade agrícola que maximiza a margem de contribuição. Também foi possível dar sugestões de melhorias na produtividade da propriedade rural.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se que seja realizado um estudo mais aprofundado com relação ao solo que não terá cobertura ou cultura durante determinados

meses. Para tanto, sugere-se realizar um trabalho específico nesta área. Outra sugestão é de que seja realizada uma análise de depreciação dos equipamentos e que a mesma seja incluída nos custos envolvidos para a produção de um hectare, para obter um custo mais fidedigno de cada cultura por hectare. No caso da propriedade rural analisada, a depreciação não foi considerada devido à falta de informação neste sentido na propriedade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIANO, Hélder Henrique. **A Importância da Análise Económica e Financeira no Processo de Tomada de Decisões Empresariais**. Disponível em: <[http://www.webartigos.com/\\_resources/files/\\_modules/article/article\\_143346\\_20160610064743d48e.pdf](http://www.webartigos.com/_resources/files/_modules/article/article_143346_20160610064743d48e.pdf)>. Acesso em: 12 de set. 2016.
- ALVARENGA, Ramon Costa; CABEZAS Waldo Alejarulro Lara; CRUZ, José Carlos; SANTANA, Derli Prudente. **Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto**. Disponível em: <<file:///D:/Usuario/Downloads/Plantascobertura.pdf>>. Acesso em: 12 de set. 2016.
- ARENALES, Marcos; ARMENTANO, Vinícius Amaral; MORABITO, Reinaldo; YANASSE, Horácio Hideki. **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- ATLAS SOCIOECONÔMICO DO RIO GRANDE DO SUL. **Milho**. <[http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/conteudo.asp?cod\\_menu\\_filho=819&cod\\_menu=817&tipo\\_menu=ECONOMIA&cod\\_conteudo=1492](http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu_filho=819&cod_menu=817&tipo_menu=ECONOMIA&cod_conteudo=1492)>. Acesso em: 14 de ago. 2016.
- \_\_\_\_\_. **Soja**. Disponível em: <[http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/conteudo.asp?cod\\_menu\\_filho=819&cod\\_menu=817&tipo\\_menu=ECONOMIA&cod\\_conteudo=1488](http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu_filho=819&cod_menu=817&tipo_menu=ECONOMIA&cod_conteudo=1488)>. Acesso em: 14 de ago. 2016.
- \_\_\_\_\_. **Trigo**. Disponível em: <[http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/conteudo.asp?cod\\_menu\\_filho=819&cod\\_menu=817&tipo\\_menu=ECONOMIA&cod\\_conteudo=1496](http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu_filho=819&cod_menu=817&tipo_menu=ECONOMIA&cod_conteudo=1496)>. Acesso em: 14 de ago. 2016.
- BALSAN, Andrei; RUPPENTHAL, Ivete Linn; FABBRIN, Augusto de Lima. **Aplicação da programação linear para definição do cultivo de culturas otimizado em uma propriedade rural de médio porte**. In: Anais do I SIGEPRO - Simpósio Gaúcho de Engenharia de Produção. Anais...São Leopoldo(RS) UNISINOS, 2016. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/sigepro/31212-APLICACAO-DA-PROGRAMACAO-LINEAR-PARA-DEFINICAO-DO-CULTIVO-DE-CULTURAS-OTIMIZADO-EM-UMA-PROPRIIDADE-RURAL-DE-MEDIO-PORTE>>. Acesso em: 19 de ago. 2016.
- BARROS, Talita Delgrossi, JARDINE José Gilberto. **Nabo Forrageiro**. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl23vn002wx5e00sawqe38tspejq.html>>. Acesso em: 12 de set. 2016.
- BELFIORE, Patrícia, FÁVERO, Luiz Paulo. **Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- BERTOLACINI, Francielle. **Soja: produtividade média no Rio Grande do Sul é a mesma há 10 anos**. Disponível em: <<http://www.canalrural.com.br/noticias/mercado-e-cia/soja-produtividade-media-rio-grande-sul-mesma-anos-62872>>. Acesso em: 12 de set. 2016.
- CAIXETA-FILHO, José Vicente. **Pesquisa Operacional**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- CAIXETA FILHO, José Vicente, TONIELLO, Bruno Luis. **Utilização da Programação Linear para planejamento agrícola em propriedade da região centro-oeste**. Disponível

em: < <http://esalqlog.esalq.usp.br/wp-content/uploads/1992/03/ART6.6.15.pdf>>. Acesso em: 20 de set. 2016.

CÉSAR, Alexandre. **Introdução a Pesquisa Operacional**. Disponível em: <[http://www.deinf.ufma.br/~acmo/grad/PO\\_c01\\_v2005.pdf](http://www.deinf.ufma.br/~acmo/grad/PO_c01_v2005.pdf)>. Acesso em 15 de maio de 2016.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira 2016**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_06\\_09\\_09\\_00\\_00\\_boletim\\_graos\\_junho\\_\\_2016\\_-\\_final.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_06_09_09_00_00_boletim_graos_junho__2016_-_final.pdf)>. Acesso em: 12 de set. 2016.

\_\_\_\_\_. **Conjuntura Semanal**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_12\\_15\\_09\\_52\\_57\\_trigo\\_-\\_semana\\_-\\_07\\_a\\_11.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_12_15_09_52_57_trigo_-_semana_-_07_a_11.pdf)>. Acesso em: 12 de set. 2016.

CONDOR, Joana Colussi de. **Safra de milho é colhida com bom rendimento e alta de preço no Rio Grande do Sul**. Disponível em: <<http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/campo-e-lavoura/noticia/2016/02/safra-de-milho-e-colhida-com-bom-rendimento-e-alta-de-preco-no-rio-grande-do-sul-4965276.html>>. Acesso em: 12 de set. 2016.

CONTINI, Elísio; ARAÚJO, José Diniz de; OLIVEIRA, Antônio Jorge de; GARRIDO, Waldo Espinoza. **Planejamento da propriedade agrícola - modelos de decisão**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes//publicacao/903385/planejamento-da-propriedade-agricola-modelos-de-decisao>>. Acesso em: 20 de set. 2016.

CORRAR, Luiz J., THEÓPHILO, Carlos Renato. **Pesquisa Operacional Para Decisão Em Contabilidade e Administração**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2004.

CORRÊA, Henrique. L.; GIANESI, Irineu. G. N. **Just in Time, MRPII e OPTC: Um enfoque estratégico**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 1993

D'AMORE, Domingos, CASTRO, Adauto de Souza. **Contabilidade industrial e agrícola e prática de escritório**. 5. ed. São Paulo: Brasiliense, 1977

DUARTE, Jason de Oliveira. **Mercado do Milho**. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01\\_15\\_168200511157.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_15_168200511157.html)>. Acesso em: 14 de ago. 2016.

EMBRAPA. **Cultivo do Trigo**. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/trigo/cultivos>>. Acesso em: 14 de ago. 2016.

\_\_\_\_\_. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2003**. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaCentralBrasil2003/rotacao.htm>>. Acesso em: 12 de out. 2016.

\_\_\_\_\_. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2005**. Disponível em: <[http://www.cnpso.embrapa.br/download/publicacao/central\\_2005.pdf](http://www.cnpso.embrapa.br/download/publicacao/central_2005.pdf)>. Acesso em: 14 de ago. 2016.



SOUZA FILHO, Hildo Meirelles de; BUAINAIN, Antônio Márcio; GUANZIROLI, Carlos; BATALHA, Mário Otávio. **Agricultura Familiar e Tecnologia no Brasil: características, desafios e obstáculos**. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/12/09O442.pdf>>. Acesso em: 14 de ago. 2016.

GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. **Administração da produção e Operações**. São Paulo: Pioneira. 2001.

HILLIER, Frederick S., LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 8ª ed. São Paulo: MC Graw-Hill, 2006.

HORNGREN, Charles.T.; DATAR, Srikant. M.; RAJAN, Madhav V. **Cost accounting: a managerial emphasis**. New Jersey: Prentice Hall, 2011.

INCRA. **O que é propriedade familiar**. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/content/perguntas-frequentes-0>>. Acesso em: 14 de ago. 2016.

IUDÍCIBUS, Sergio de *et. al.* **Contabilidade Introdutória**. 11ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LACHTERMACHER, Gerson. **Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões: Modelagem em Excel**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa Operacional na tomada de decisões**. 4ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LAREDO, Gustavo. **O caminho das Pedras**. Revista Globo Rural, Rio de Janeiro (RJ), nº 225, Julho-2004.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos da metodologia científica**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARION, José Carlos. **Contabilidade Rural**. 8ª ed. São Paulo: Atlas, 2005.

MARTÍN, Quintín Martí. **Investigación Operativa**. Madrid: Prentice Hall, 2003.

MEGLIORINI, Evandir. **Custos: análise de gestão**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick *et. al.* **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operação**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

OLISZESKI, Carlos Alessandro Neiverth. **MODELOS DE PLANEJAMENTO AGRÍCOLA: UM CENÁRIO PARA OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS AGROINDUSTRIAIS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa. 2011. Disponível em: <<http://www.pg.utfpr.edu.br/dirppg/ppgep/dissertacoes/arquivos/177/Dissertacao.pdf>>. 14 de ago. 2016.

RODRIGUES, José de Arimatêa. **PLANEJAMENTO AGRÍCOLA A NÍVEL FEDERAL: UMA ANÁLISE DO PERÍODO --1960/74**. Monografia (Mestrado em

Administração Pública). Escola Brasileira de Administração Pública. 1978. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/8760/000003725.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 14 de ago. 2016.

RUSSOMANO, Victor Henrique. **Planejamento e Controle da Produção**. 6ª ed. rev. São Paulo: Pioneira, 2000.

SAMPIERI, Roberto Hernández, COLLADO, Carlos Fernández, LUCIO, María del Pilar Baptista. **Metodologia de Pesquisa**. 5ª ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SCHIER, Carlos Ubiratan da Costa. **Custos Industriais**. 20ª ed. Curitiba: IBPEX, 2005.

SLACK, Nigel *et. al.* Administração da Produção. 1ª ed. São Paulo: Editora Atlas, 1999.  
GAITHER, N; FRAZIER, G. **Administração da produção e Operações**. 8ª ed. São Paulo: Pioneira, 2001.

SILVA, Edna Lúcia da, MENEZES, Estera Muszka. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

TAGUCHI, Viviane. **Qual a importância de aplicar a rotação de culturas?** Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/Colunas/fazendasustentavel/noticia/2014/03/guia-de-boas-praticas-qual-importancia-de-aplicar-rotacao-de-culturas.html>>. Acesso em: 12 de out. 2016.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **Lições preliminares sobre custos industriais**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

VILKAS, Mariângela. **Determinantes da tomada de decisão sobre as atividades produtivas rurais: proposta de um modelo para a produção familiar**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de São Carlos. 2004. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/3586/DissMV.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 14 de ago. 2016.