



Mônica Worchinski

**APLICAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR COMO FERRAMENTA
PARA TOMADA DE DECISÃO EM UMA PEQUENA PROPRIEDADE
RURAL**

Horizontina/RS

2018

Mônica Worchinski

**APLICAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR COMO FERRAMENTA
PARA TOMADA DE DECISÃO EM UMA PROPRIEDADE RURAL**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção na Faculdade Horizontina, sob orientação da professora Esp. Ivete Linn Ruppenthal.

Horizontina/RS

2018

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

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

**"APLICAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR COMO FERRAMENTA PARA
TOMADA DE DECISÃO EM UMA PROPRIEDADE RURAL"**

Elaborada por:

Mônica Worchinski

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Produção

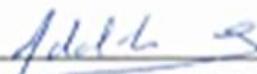
Aprovado em: 28/11/2018

Pela Comissão Examinadora



Especialista Ivete Linn Rupenthal

Presidente da Comissão Examinadora - Orientador



Mestre Adalberto Lovato

FAHOR – Faculdade Horizontalina



Mostra Eliane Garlet

FAHOR – Faculdade Horizontalina

Horizontalina - RS

2018

Dedicatória

Aos meus pais Zilda e José, a minha irmã Priscila e ao meu irmão Welynton, pela capacidade de acreditarem e investirem em mim apoiando-me sempre, principalmente nos momentos mais difíceis, dando-me a certeza de que não estou sozinha nesta caminhada.

AGRADECIMENTO

À Deus pelo dom da vida e por me dar força e coragem para superar as dificuldades.

À minha família, pelo amor, carinho, paciência e por me depositarem toda confiança e não medirem esforços para que eu pudesse ter a oportunidade de estudar sempre com muito amor e zelo no decorrer desta trajetória e em toda minha vida.

À faculdade e aos docentes da instituição, pelo acompanhamento e ensinamentos proporcionados.

À minha orientadora pela paciência e atenção dando-me suporte em todos os momentos fazendo-se essencial para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos, e a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, obrigada pelas mensagens de carinho e incentivo.

“Se o dinheiro for a sua esperança de independência, você jamais a terá. A única segurança verdadeira consiste numa reserva de sabedoria, experiência e competência. ”

(Henry Ford)

RESUMO

A agricultura é um importante setor para a economia brasileira. Embora as propriedades rurais com maior destaque sejam de grande porte, as propriedades dirigidas pela própria família onde as tomadas de decisão dependem única e exclusivamente do produtor, têm ganhado seu espaço na área. Neste contexto, para auxiliar na realização de cálculos matemáticos surge a programação linear, uma importante ferramenta de apoio para a tomada de decisão. O presente estudo tem por objetivo elaborar um modelo matemático por meio da programação linear para auxiliar a tomada de decisão, visando maximizar a margem de contribuição em uma propriedade rural. Neste estudo buscou-se responder a problemática de pesquisa, sendo que esta era demonstrar por meio da programação linear, como é possível tomar decisões mais assertivas de quanto deve-se produzir de cada cultura para aumentar a margem de contribuição da propriedade. Quanto a metodologia utilizou-se os métodos dedutivo e quantitativo, uma vez que foi necessário quantificar custos e receita das culturas, além dos recursos necessários para a produção. Os procedimentos utilizados foram a pesquisa descritiva, bibliográfica e estudo de caso visto que este apresentou características específicas da propriedade rural, não se aplicando a outros casos. Os dados foram coletados por meio da pesquisa documental, observação e entrevista com o proprietário e agrônomo. A análise dos dados foi realizada através do Excel, para resolução do modelo matemático onde fez-se o uso do suplemento Solver. Por meio deste estudo verificou-se que é possível aumentar a margem de contribuição da propriedade rural em até 32, 22%, realizando-se o remanejamento dos hectares e substituição de uma das culturas. Portanto, de acordo com este estudo, é possível auxiliar o proprietário na tomada de decisão onde é recomendado cultivar 40 hectares de painço - substituindo a cultura do trigo, e, posteriormente na mesma área cultivar a soja safra. Já os 54 hectares restantes, deverão ser compostos de milho e, após sua colheita, a área deve ser ocupada pela soja safrinha. Assim, com a combinação destas culturas é possível, para um próximo ano agrícola aumentar a margem de contribuição total. 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 um processo produtivo	16
Figura 2 - Processo de Modelagem	23
Figura 3 - Produtividade das culturas no último ano agrícola por hectare.....	37
Figura 4 - Processo produtivo agrícola da propriedade rural.....	38
Figura 5 - Máquinas e Implementos disponíveis na propriedade	39
Figura 6 - Processo produtivo do trigo	41
Figura 7 - Fluxograma do Processo Produtivo	43
Figura 8 - Fluxograma do processo produtivo da soja	46
Figura 9 - Demonstrativo de valores referentes ao seguro agrícola da cultura do trigo safra 2017/2018	54
Figura 10 - Preço médio das culturas nos últimos doze meses do ano agrícola 2017/2018	55
Figura 11 - Variáveis de decisão do modelo matemático	57
Figura 12 - Dados inseridos no Solver	60
Figura 13 - Parâmetros utilizados no software <i>Microsoft Excel</i> na função <i>Solver</i>	61
Figura 14 - Modelo matemático para solução ótima.....	62
Figura 15 - Parâmetros utilizados no software <i>Microsoft Excel</i> na função <i>solver</i>	64
Figura 16 - Janela de resultados do <i>Solver</i>	65
Figura 17 - Relatório de Sensibilidade gerado pelo <i>Solver</i>	66
Figura 18 - Processo produtivo do painço	70
Figura 19 - Variáveis de decisão e função objetivo do novo modelo matemático	74
Figura 20 - Restrições do modelo matemático com inclusão da cultura do painço ...	75
Figura 21 - Tela de modelagem do novo problema.....	76
Figura 22 - Relatório de sensibilidade segundo modelo matemático gerado pelo <i>solver</i>	78
Figura 23 - Margem de contribuição produção atual, ideal e com substituição do trigo	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custos diretamente envolvidos no processo produtivo do trigo	48
Tabela 2 - Custos diretamente envolvidos no processo produtivo do milho.....	49
Tabela 3 - Custos diretamente envolvidos no processo produtivo da soja.....	50
Tabela 4 - Custos diretamente envolvidos no processo produtivo da soja.....	51
Tabela 5 - Custos por máquina e implemento.....	52
Tabela 6 - Margem de contribuição de cada cultura	56
Tabela 7 - Restrições do modelo matemático	58
Tabela 8 - Dados comparativos entre o número de hectares atual e o ideal	68
Tabela 9 - Custo direto por hectare para cultura de painço	71
Tabela 10 - Custos indiretos estimados para produção de painço.....	73
Tabela 11 - Apuração da margem de contribuição para a nova cultura de painço....	73
Tabela 12 - Margem de contribuição das culturas que comporão o modelo matemático.....	74
Tabela 13 - Comparativo da situação atual, ideal e proposta com inclusão da cultura de painço.....	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EMATER - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ITR - Imposto Territorial Rural

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

SPD - Sistema de Plantio Direto

pH - Peso Hectolítrico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	TEMA.....	13
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	13
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA.....	13
1.4	HIPÓTESE.....	14
1.5	OBJETIVOS.....	14
1.5.1	Objetivo geral	14
1.5.2	Objetivos específicos.....	14
1.6	JUSTIFICATIVA.....	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1	ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO.....	16
2.1.1	Planejamento da produção.....	17
2.2	PLANEJAMENTO AGRÍCOLA.....	17
2.2.1	Cultivo de Trigo	18
2.2.2	Cultivo do Milho	18
2.2.3	Cultivo de Soja	19
2.2.4	Cultivo do Painço	20
2.2.5	Técnicas sustentáveis de cultivo e conservação do solo	20
2.2.6	Tomada de Decisão na Agricultura.....	22
2.3	PESQUISA OPERACIONAL.....	22
2.3.1	Pesquisa Operacional na tomada de decisão.....	24
2.3.2	Pesquisa Operacional aplicada à agricultura	24
2.3.3	Programação Linear	25
2.4	ADMINISTRAÇÃO DE PROPRIEDADES E ATIVIDADES RURAIS.....	28
2.4.1	Sistemas de Custeio	29
3	METODOLOGIA.....	32
3.1	Métodos de Abordagem.....	32
3.2	Métodos de Procedimentos.....	32
3.3	Técnicas.....	33
3.3.1	Técnica de coleta de dados	33
3.4	Técnicas de análise de dados.....	34
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	36
4.1	Caracterização e histórico da propriedade.....	36
4.2	CICLO E PROCESSO PRODUTIVO DAS CULTURAS.....	40
4.2.1	Processo produtivo do trigo	40
4.2.2	Processo produtivo do milho	42
4.2.3	Processo produtivo da soja	45
4.3	LEVANTAMENTO DE CUSTOS DO ATUAL PROCESSO PRODUTIVO DAS DIFERENTES CULTURAS POR HECTARE.....	47
4.3.1	Custos diretos	48
4.3.2	Custos Indiretos	51
4.3.3	Determinação do custo total para cada cultura.....	53
4.4	APURAÇÃO DA MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO DE CADA CULTURA.....	55
4.5	APLICAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR.....	57
4.5.1	Função Objetivo	57
4.5.2	Restrições do Modelo Matemático	58
4.5.3	Resolução do modelo matemático	59

4.5.4 Comparativo entre a situação atual com a apresentada pelo modelo matemático	68
4.5.5 Modelagem matemática com inclusão de outra cultura	69
4.5.6 Comparativo da situação ideal e proposta com inclusão da cultura de painço.....	79
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
APÊNDICE A – ENTREVISTA SEMI ESTRUTURADA REALIZADA COM O ENGENHEIRO AGRÔNOMO.....	91

1 INTRODUÇÃO

A atividade agrícola é um dos setores que mais influencia a economia do país, uma vez que se torna responsável pelo abastecimento da população urbana e tem forte participação na exportação de commodities. No noroeste do estado do Rio Grande do Sul a agricultura contribui também para o crescimento de outros segmentos, como o de peças e máquinas agrícolas.

Ainda que a atividade agrícola gera retornos econômicos, o setor encontra-se em processo de desenvolvimento diante de dificuldades, especialmente aquelas que dizem respeito a produtividade aliada a elevados custos decorrentes do processo produtivo. Outra problemática enfrentada pela agricultura, principalmente quando esta se enquadra em familiar, são algumas políticas que viabilizam apenas grandes propriedades rurais, deixando assim, o pequeno e médio produtor em uma situação difícil quanto a rotatividade de culturas que deve ser respeitada frente a competitividade imposta pelo mercado.

Neste contexto, é de fundamental importância que se busque técnicas e alternativas capazes de assegurar quais culturas são mais rentáveis, contribuindo para a diminuição de custos e conseqüentemente, o aumento da lucratividade na propriedade rural.

Uma ferramenta que tem ganhado espaço no campo da agricultura é a programação linear, que integra a pesquisa operacional. Com a aplicação desta técnica o produtor conhece as culturas que lhe são mais rentáveis, levando em consideração todos os recursos que o mesmo dispõe, como áreas cultiváveis, insumos, máquinas e equipamentos bem como, a mão de obra empregada na lavoura.

Belfiore e Fávero (2013) afirmam que a pesquisa operacional, sobretudo a programação linear leva em consideração os mais diversos fatores de um sistema produtivo, contribuindo para a geração de informações sobre o problema em análise tornando-se possível a adoção da decisão mais eficaz.

Desta forma, o objetivo do presente trabalho é realizar um estudo de caso em uma pequena propriedade rural, propondo-se a aplicar o método de programação linear para auxiliar o agricultor na tomada de decisão acerca da combinação ideal de culturas para maximizar lucros. Neste estudo será também sugerida a inserção de culturas para o ano agrícola de 2018/2019, através da simulação de recursos

necessários para o processo produtivo, considerando sua lucratividade. Para formular a tomada de decisão, será necessário levantar informações de custos por hectare de cada cultura cultivada, bem como custos com transporte, insumos, máquinas e equipamentos utilizados. Além disso, realizou-se a formulação de um modelo matemático e uma análise econômica da propriedade rural. Já para formular o modelo matemático inserindo a cultura de painço, foi necessária entrevista com agrônomo sobre custos e fatores que podem influenciar na sua produtividade.

1.1 TEMA

O tema deste trabalho é a aplicação da programação linear como ferramenta para otimização da produção agrícola no sistema produtivo de grãos em uma propriedade rural.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho delimita-se na aplicação da programação linear para planejamento de produção nas culturas de trigo, milho, soja safra e soja safrinha considerando apenas custos e recursos, sem atentar-se ao clima. Os dados são referentes a safra de 2017/2018, de uma propriedade rural no município de Doutor Maurício Cardoso, noroeste do estado do Rio Grande do Sul. O planejamento ocorreu por intermédio da construção de um modelo matemático, onde também se ensaiou a inclusão da cultura de painço para uma futura safra.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

A propriedade rural, objeto deste estudo, não possui um planejamento da sua produção, bem como não possui um controle apurado dos custos envolvidos no processo produtivo. As culturas de trigo, milho, soja safra e soja safrinha, são cultivadas de acordo com o que proprietário acredita ser ideal, levando em consideração apenas os custos mais abrangentes e a previsão de precificação dos produtos. Desta forma, o proprietário não dispõe de informações suficientes capazes de realizar a tomada de decisão eficaz acerca da melhor escolha de culturas a serem cultivadas por área de terra.

Neste sentido é necessário que se busque o planejamento da produção de grãos na propriedade rural e surge a seguinte indagação: Como é possível, por meio

da programação linear tomar decisões mais assertivas de quanto deve-se produzir de cada cultura para aumentar a margem de contribuição da propriedade?

1.4 HIPÓTESE

A hipótese da pesquisa é afirmada por Santos e Filho (2011), como uma provável solução para o problema proposto. Assim, a aplicação de modelos matemáticos desenvolvidos na programação linear norteia o produtor rural para a tomada de decisão. E, sem o auxílio de uma ferramenta eficaz para a gestão de sua propriedade o produtor rural não tomará a melhor decisão.

1.5 OBJETIVOS

Os objetivos, segundo Sampieri, Collado e Lucio (2013), tem como função principal validar a ideia do estudo, concedendo uma linha de pensamento para a construção do projeto. Desta forma, será necessário consultá-los em vários momentos do desenvolvimento da pesquisa, uma vez guiarão todas as etapas da mesma.

1.5.1 Objetivo geral

O presente estudo tem por objetivo elaborar um modelo matemático por meio da programação linear para auxiliar a tomada de decisão, visando maximizar a margem de contribuição em uma propriedade rural.

1.5.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste estudo se constituem em:

- a) Levantar a situação atual da propriedade rural;
- b) Apurar custos, receita bruta e margem de contribuição de cada cultura;
- c) Formular o modelo matemático de programação linear;
- d) Identificar as culturas mais rentáveis;
- e) Simular a inclusão da cultura de painço.

1.6 JUSTIFICATIVA

A justificativa segundo Prodanov e Freitas (2013), apresenta todas as razões e respostas do porquê de se estar realizando a pesquisa, contribuindo diretamente para sua aceitação.

O planejamento da produção, bem como sua administração é um tema muito discutido e de suma importância e que, impacta diretamente na lucratividade de qualquer setor. Na agricultura, de forma geral, o planejamento da produção está diretamente ligado à sua produtividade, bem como o retorno financeiro que a atividade gera. No momento em que o produtor rural passa a empregar técnicas para o planejamento de sua safra, este começa a ser competitivo diante do atual mercado, pois tem maior conhecimento de seus recursos disponíveis e despesas que envolvem o processo produtivo.

Além disso, de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (2018), normalmente o agricultor não observa aspectos antes da tomada de decisão sobre a escolha de culturas a plantar. Essas variáveis são os custos de produção, preços atuais e futuros, demandas internas e externas bem como, condições de crédito rural e riscos inerentes ao plantio. Alguns destes fatores podem ser avaliados e discutidos com auxílio da programação linear para que se tenha a solução ótima do que produzir, elevando a lucratividade.

Destarte, o presente estudo justifica-se pela importância do planejamento agrícola em propriedades rurais familiares, frente a atual competitividade imposta pelo mercado. A pesquisa auxiliará o agricultor na tomada de decisão e no melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, fazendo com que este seja capaz de identificar qual a melhor combinação de culturas a empregar durante o ano agrícola corrente. O agricultor também poderá simular o incremento de novas culturas, por meio de modelos matemáticos elaborados.

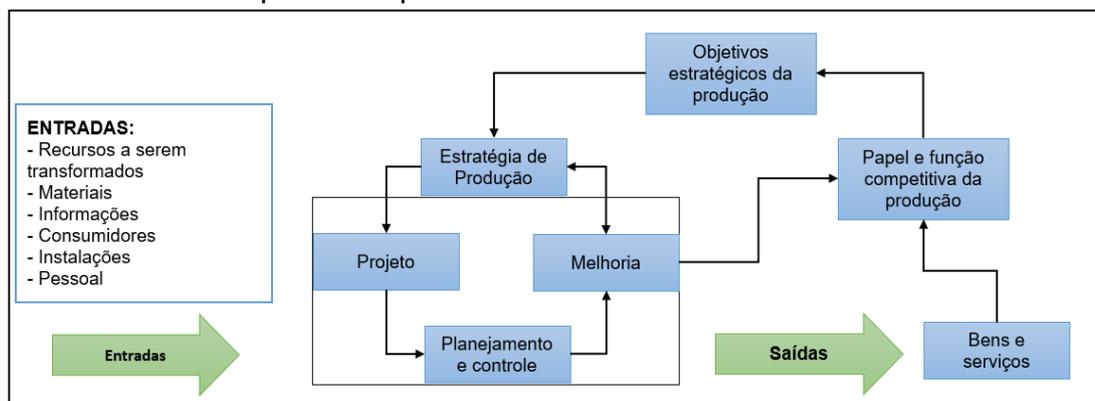
2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esse capítulo refere-se ao embasamento teórico do estudo em questão, que tem como propósito evidenciar as referências bibliográficas produzindo um maior entendimento do assunto, uma vez que todos os conceitos abordados estão apoiados em autores oportunos ao tema deste estudo. Desta forma, busca-se com a construção deste capítulo, explicar assuntos referentes a administração de produção, principais ferramentas de pesquisa operacional e sua contribuição para a agricultura.

2.1 ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO

A produção em seu significado mais amplo pode ser traduzida como um processo de transformação. Slack *et. al.* (1999) afirmam que o processo de transformação na produção dá-se ao desenvolver produtos e insumos através de um sistema lógico. Considerando a produção como um processo de transformação, é essencial que este esteja definido. A figura 1 ilustra como um processo produtivo é organizado.

Figura 1 - Modelo de um processo produtivo



Fonte: Adaptado de Slack *et. al.*, 1999

De modo geral, a produção inicia com as entradas, que são os recursos, e segue o fluxo para serem transformados em produtos. Para que a transformação ocorra de forma rentável ainda existem sistemas intermediários que tem por objetivo melhor organizar o processo produtivo, como o planejamento e controle da produção que envolve a administração de todos os recursos alinhando-os com as metas a serem alcançadas (SLACK *et al.*,1999).

2.1.1 Planejamento da produção

O planejamento é parte essencial de uma organização, Lobo e Silva (2014) declaram que o planejamento da produção está presente em todos os momentos do processo produtivo, desde a definição de quanto e como produzir, até como devem ser alocados os recursos. Os mesmos autores afirmam ainda que o planejamento da produção precisa ser flexível e confiável, para tomar decisões de forma eficaz.

Além do planejamento e controle da produção serem responsáveis por organizar um processo produtivo, Fernandes e Godinho (2010, p.8) afirmam que “o planejamento e controle da produção é capaz de tomar decisões com o objetivo de definir o que, quanto e quando produzir, comprar e entregar, bem como onde e/ou como produzir”.

Peinado e Graeml (2007) complementam ainda que, para conduzir o processo, a fim de obter melhores resultados operacionais, planejar e administrar a produção podem significar diminuição de desperdícios e aumento da lucratividade.

2.2 PLANEJAMENTO AGRÍCOLA

Lourenzani (2006) apresenta o planejamento agrícola como um processo que avalia a alocação de recursos levando em consideração diversas possibilidades produtivas de forma eficiente e eficaz, considerando riscos e incertezas que são características do setor agrícola. O autor ainda afirma que, independente da extensão da propriedade rural, a gestão da mesma colabora para seu progresso e expansão.

Realizar a gestão de uma propriedade agrícola é uma tarefa complexa. Vilckas (2004) declara que o planejamento da atividade da agricultura, é marcada por muitas incertezas como clima, política e economia. Além disso a instabilidade da renda do agricultor devido a preços internos e externos, bem como suas variações e dificuldades de comercialização são também um obstáculo enfrentado no setor agrícola. Outro aspecto importante citado por Olizeski (2011), é a facilidade em que a atividade agrícola está exposta a mudança. Segundo o autor, uma vez que o investimento é realizado, necessita-se aguardar a safra e escoá-la de forma rápida mesmo em condições desfavoráveis de mercado, pois muitas vezes não pode ser estocada aguardando melhores momentos de venda, devido a políticas impostas por compradores.

Essas peculiaridades do setor agrícola têm por consequência uma maior complexidade no planejamento e gerenciamento da produção. Por sua vez, a complexidade pode ser reduzida com o emprego de técnicas gerenciais que assegurem a competitividade a longo prazo (VILCKAS, 2004). Apesar destas técnicas serem pouco utilizadas, Vieira *et al.* (2015) atestam que os produtores têm percebido que, além de conhecimentos técnicos de produção, é importante também administrar recursos e planejar atividades pertinentes ao sistema de produção adotado.

2.2.1 Cultivo de Trigo

O trigo (*Triticum sativum* L) é uma planta gramínea que se caracteriza por ser uma cultura de inverno. No Brasil, o trigo foi uma das primeiras culturas proposta pelos Portugueses chegando no território brasileiro por volta de 1534 (BACALTCHUK; SILVA, 2001).

O cultivo do trigo, ocupa cerca de 17% da área cultivável no mundo, sendo que representa 30% da produção mundial de grãos, onde é o segundo grão mais produzido no mundo, perdendo somente para o milho (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2016). Atualmente, os estados que mais produzem trigo no Brasil são Paraná e Rio Grande do Sul, que correspondem a 85,5% da produção nacional (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2018).

Segundo EMBRAPA (2017), o setor tritícola brasileiro enfrenta desafios de ordem técnica e econômica, que demandam por rápidas mudanças e adaptações a fim de tornar as culturas competitivas sob todos seus aspectos. O órgão destaca ainda o uso do trigo como fonte de alimentação humana e animal. Na alimentação humana o trigo corresponde a 80% do consumo mundial do grão, sendo empregado na produção de pães, biscoitos e massas. Já na alimentação animal, o trigo pode ser usado em forma de forragem e preparação de farelos e rações. Além disso, o trigo é empregado na fabricação de outros produtos, como mistura para colas, adesivos, fármacos e cosméticos.

2.2.2 Cultivo do Milho

O milho (*Zea mays*) é uma das principais culturas agrícolas desde os tempos anteriores ao descobrimento do Brasil, quando já fazia parte da dieta dos seus

habitantes. O milho tem ampla utilização, onde, além de ser empregado em alimentos para humanos e animais, fornece base para xaropes de glucose e corantes caramelo, para produção de refrigerantes e cervejas. Além disso, o etanol a partir do milho vem ganhando importância mundial (SOLOGUREN, 2015).

Peixoto (2014) afirma que a produção de milho no mundo chega a aproximadamente 960 milhões de toneladas, fazendo-o o cereal mais produzido a nível mundial. Estados Unidos, China, Brasil e Argentina são os maiores produtores, representando 70% da produção mundial. Dentro deste cenário, o Brasil tem uma área cultivável de 15,12 milhões de hectares com a produção de 82 milhões de toneladas. Assim, o Brasil é considerado um país estratégico para a produção de milho, já que é o terceiro maior produtor e o segundo maior exportador mundial do grão.

Os números hoje conhecidos no Brasil são resultados de aperfeiçoamentos e adoção de tecnologias em sementes de milho bem como melhoramento em insumos para sua produção. Assim, com o uso de técnicas de administração da produção aplicada a cultura de milho será possível propiciar ainda mais a produtividade sem que seja necessário aumentar significativamente a área cultivada (MUNDSTOCK, 2013).

2.2.3 Cultivo de Soja

A soja (*Glycine max*) é a principal oleaginosa produzida e consumida a nível mundial. No Brasil, o grão chegou com maior intensidade com os imigrantes japoneses em 1908, sendo introduzida oficialmente na agricultura em 1914 no Rio Grande do Sul. A expansão da soja aconteceu em 1970, quando teve um significativo aumento de área cultivada. Desde então, o complexo soja compreende uma cadeia produtiva que abrange tanto a exportação *in natura* do grão como sua transformação em farelo ou óleo (SILVA; LIMA; BATISTA, 2010).

Os autores afirmam ainda que, depois de uma grande modernização da agricultura, em 1990 a soja passou por uma grande reestruturação. Esse processo possibilitou seu aumento na cadeia agroindustrial, tornando-a essencial para o crescimento da economia, renda e divisas da exportação.

Atualmente, segundo dados da CONAB, 2018, o Brasil é o segundo maior produtor de soja a nível mundial com cerca de mais de 116 milhões toneladas e com área plantada de 35,1 milhões de hectares sendo sua produtividade em média de

3,3 kg/ha. A CONAB, ainda afirma que no Brasil, os estados com maior produção de soja são respectivamente Mato Grosso (31,8 milhões de toneladas), Paraná (19 milhões de toneladas) e Rio Grande do Sul (16 milhões de toneladas).

2.2.4 Cultivo do Painço

O painço (*Panicum miliaceum L.*), é uma planta anual que apresenta fácil manejo e baixo custo de produção, sendo utilizada tanto para adubação verde quanto para obtenção de palhada destinada a cobertura do solo (ZACANELLA, 2003).

No Brasil Garcia (2015) declara que o painço comparado a outras culturas tradicionais, não é muito cultivado, porém vem despertando interesse de produtores na Região Noroeste do Rio Grande do Sul, onde encontra-se em fase de expansão por ação de suas características favoráveis à produção. Lima et.al (2005 apud Garcia, 2015), afirma que a cultura é considerada como uma boa alternativa de rotação de culturas, tornando-se uma opção de cultivo de primavera verão por apresentar um curto ciclo de 70 a 06 dias.

Os grãos do painço são geralmente utilizados para alimentação de pássaros e atualmente tem sido realizadas pesquisas para inserir os grãos na dieta humana, uma vez que possui alta concentração de proteína (ABRANTES, 2011).

2.2.5 Técnicas sustentáveis de cultivo e conservação do solo

O uso de técnicas sustentáveis é uma necessidade em qualquer processo produtivo. Atualmente as organizações devem desenvolver medidas de conservação do ecossistema que atendam a legislação vigente, amenizem ou eliminem os efeitos gerados ou estimulados por seu processo produtivo (KESSELER, et.al, 2013).

Na atividade agrícola a sustentabilidade é oportunizada por técnicas que permitem a melhor utilização dos recursos sociais, ambientais e econômicos. O manejo sustentável, portanto, traduz-se como sendo um conjunto de técnicas de cultivo e de gestão integrada com objetivo de proporcionar o equilíbrio e manutenção do ecossistema (ALIANÇA INTERNACIONAL DE PRODUTORES DE SOJA, 2010).

Para a *The Nature Conservancy* (2005) a agricultura torna-se sustentável ao passo que não seja mais uma produção geograficamente extensiva, mas sim uma produção intensiva, observando requisitos da legislação ambiental vigente. Neste

sentido, a intensificação sustentável da agricultura é capaz de aumentar a produtividade, ao mesmo tempo que reduz o impacto ambiental.

Para uma agricultura sustentável, é de extrema importância levar em consideração o solo, um dos principais recursos naturais, e principal fonte de alimento e água as plantas. Para que o solo continue a produzir nutrientes, é importante conservá-lo, por meio de técnicas capazes de recuperá-los, como plantio direto e rotação de culturas (PRIMAVESI, 1992).

2.2.5.1. Plantio Direto

Heckler e Salton (2002), afirmam que o Sistema de Plantio Direto (SPD), é uma forma conservacionista de manejo, que busca principalmente o aumento da produtividade, de forma a conservar o ambiente. Nunes (2013), destaca os principais objetivos de um sistema de plantio direto como o não revolvimento do solo e o acúmulo progressivo de biomassa vegetal, aumentando assim a fertilidade do solo.

O processo de plantio direto tem por principal característica, a manutenção de restos de culturas, como palhas resultantes das culturas de trigo, milho e soja. A palhada cobre grande parte do solo, e, sem utilizar arado ou grade a semente é colocada ao solo. Isso, por sua vez protege o solo da erosão, pois uma vez havendo a chuva forte o impacto desta, será amortecida pela palhada antes de atingir a superfície do solo (HECKLER E SALTON, 2002).

2.2.5.2 Rotação de Culturas

A rotação de culturas é uma técnica muito utilizada na sustentabilidade do solo sendo traduzida por Junior e Coelho (2010), como a alternância regular e ordenada no cultivo de diferentes espécies vegetais em sequência temporal numa determinada área. Para seleção das culturas é necessário considerar os propósitos comerciais e a recuperação do solo (EMBRAPA, 2003 *apud* RECKZIEGEL, 2016).

Além de auxiliar a preservar o solo, favorecendo o incremento da produtividade das culturas, quanto ao controle de doenças, a rotação evita a proximidade entre os propágulos de patógenos, agentes causais de doenças, presentes nos restos culturais do solo, e as espécies vegetais hospedeiras, reduzindo, deste modo, as chances de inoculação das plantas pelos patógenos que sobrevivem nestes resíduos. Ao mesmo tempo, com menor possibilidade de atingir as plantas hospedeiras, os patógenos vão gradativamente perdendo a viabilidade durante a decomposição destes restos culturais (FANTIN, DUARTE, BARROS, 2013, p.28).

A diversificação de culturas é o principal fundamento da rotação de culturas, uma vez que busca maior estabilidade produtiva. Além disso, a condição básica para melhores resultados, baseia-se em culturas anuais associadas a espécies recuperadoras de solo (EMBRAPA, 2017).

2.2.6 Tomada de Decisão na Agricultura

O processo de decisão na agricultura surge como elemento fundamental para que o agricultor saiba como agir frente às adversidades deste segmento organizacional. O estudo de atributos na tomada de decisão e os tipos de resultados são uma forma de entender o que acontece no meio rural (DALCIN, 2010). O autor ainda afirma que é necessário que o agricultor compreenda o significado de decisão, para que o possibilite realizar boas escolhas.

Corrar e Theóphilo (2004) declaram que a decisão é uma escolha ímpar, dentre todas as alternativas possíveis. O tomador de decisão vai considerar esta alternativa como a melhor para alcançar o objetivo, considerando consequências, riscos e incertezas.

Andrade (2009) reforça, enunciando que a decisão é a ação definida pelas pessoas como sendo considerada a mais efetiva de todas aquelas que lhe são oportunizadas para atender aos seus objetivos. Todos os seres humanos tomam decisões, tornando-se parte do cotidiano de pessoas em diversas faixas etárias e níveis sociais, estando presente em diversas situações (IGNÁCIO, 2009).

Na agricultura o processo de tomada de decisão é dificultado pela rápida mudança que o setor pode apresentar durante o ano agrícola corrente. Lima et al (2005) dizem que as decisões do agricultor necessitam ser as mais coerentes e racionais possíveis, apesar de todos os fatores influenciadores. O mesmo autor ressalta que é necessário que o agricultor entenda o seu processo produtivo, custos, recursos e investimentos que serão dirigidos a ele. Assim, a decisão será tomada visando atender os objetivos percebidos como viáveis pelo agricultor.

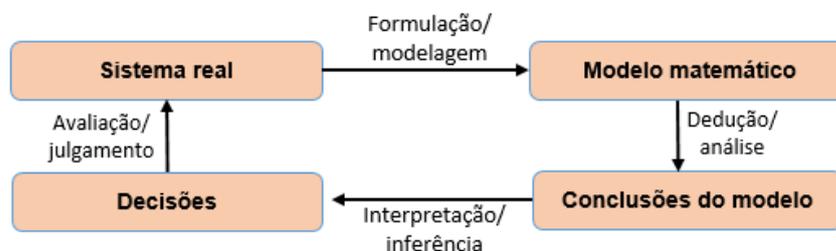
2.3 PESQUISA OPERACIONAL

A pesquisa operacional teve suas origens ligadas a invenção do radar em 1934, quando estudava-se uma maneira de interceptar aviões rivais em guerras e também, na escolha dos mesmos. Além disso, a pesquisa operacional era destinada

também a elaboração de manutenções que necessitavam ser realizadas em meio à guerra. A pesquisa operacional com aplicação sistemática no setor militar, iniciou-se na Segunda Guerra Mundial. Após isso, o conceito e as várias aplicações evoluíram muito rapidamente difundindo seu uso ao passar dos anos nas diferentes áreas industriais como mineração, metalurgia, setores de serviços como bancos e também, na agricultura com o planejamento da produção e otimização dos lucros (ARENALES *et.al*, 2015).

Para Ehrlich (1991, p.13), “a pesquisa operacional utiliza um conjunto de técnicas quantitativas com intuito de resolver os aspectos matemáticos dos modelos construídos”. Já Barcelos, Evangelista e Segato (2012) consideram a pesquisa operacional como um método para a tomada de decisão, que formula, através de um modelo matemático problemas de otimização da vida real de modo que resulte em condições ótimas. Para realizar a modelagem matemática e iniciar a sua solução munindo-se de técnicas de pesquisa operacional, é necessário observar as etapas descritas na figura 2.

Figura 2 - Processo de Modelagem



Fonte: Adaptado de Arenales *et.al*. (2015)

Este processo de modelagem proposto por Arenales *et.al*. (2015), mostra as principais etapas de um processo de modelagem. Os autores afirmam que se parte de um sistema real, onde são formulados os modelos matemáticos com base em todas as características específicas de determinado grupo estudado. Após suceder-se para a análise do modelo, onde as conclusões são obtidas para então tomar decisões assertivas para o processo que foi analisado.

2.3.1 Pesquisa Operacional na tomada de decisão

Quando uma organização está operando, surgem problemas nos processos operacionais onde a tomada de decisão está diretamente ligada (Caixeta-Filho, 2004). Outro autor, Lachtermacher (2004) cita que o problema ocorre quando uma situação diferente do planejado é registrada. Quando tudo que está sendo planejado ocorre sem falhas, acontece a oportunidade que visa exceder as metas estabelecidas. Assim, a tomada de decisão consiste em reconhecer o problema ou oportunidade, encontrando um caminho ótimo para a resolução do mesmo.

Estas decisões por sua vez, podem ser mais assertivas quando se utiliza a pesquisa operacional, pois o método busca uma melhor solução através de aspectos quantitativos (CANARY, 2013). Outro aspecto que Lachtermacher (2004) menciona é a possibilidade da aplicação da pesquisa operacional em problemas de otimização de recursos, localização, roteirização, carteiras de investimento, alocação de pessoas, previsão e planejamento de alocação.

2.3.2 Pesquisa Operacional aplicada à agricultura

A engenharia de produção, disponibiliza várias ferramentas para realização da otimização em processos produtivos. Santos e Silva (2017) destacam a pesquisa operacional para casos do agronegócio dada sua importância e finalidade de minimizar custos ou maximizar lucros. Batalha (1999, *apud* Santos e Silva, 2017) alega que no setor secundário da economia a atuação da pesquisa operacional ocorre rapidamente, a qual por sua vez, expande-se cada vez mais para setores primário e terciário.

As aplicações da pesquisa operacional em setores do agronegócio podem ser demonstradas em artigos, como o escrito por Santos, Teixeira e Guimarães (2016) que propõe a formulação de um modelo matemático capaz de otimizar a dieta de bovinos de corte. Já Reckziegel (2016) buscou aplicar a pesquisa operacional na otimização de culturas de cereais em uma pequena propriedade rural, onde obteve resultados assertivos sobre culturas mais rentáveis.

Caixeta-Filho (2004) cita que o principal objetivo da aplicação da pesquisa operacional é a maximização de lucros, partindo-se das opções de negócios. Caixeta-Filho (2004, p. 53) ainda afirma que para a formulação do modelo matemático: “o tomador de decisão tem a sua disposição determinada área, certa

disponibilidade de mão de obra e capital, além de observar uma série de características tecnológicas e de capacidade organizacional”.

Existem inúmeras ferramentas que auxiliam na estruturação de modelos matemáticos para resolução de problemas, com destaque a programação linear que tem uma gama muito ampla de aplicação, pois contribui significativamente na otimização de recursos de produção (REHFELDT, 2009).

2.3.3 Programação Linear

A programação linear é amplamente utilizada em várias áreas tais como, organização de transportes e distribuição, no estudo de fluxo de caixa e de investimentos e na determinação do *mix* de produção (ANDRADE, 2009). Ignácio (2007) acrescenta que a programação linear é empregada em casos onde deseja-se maximizar o lucro ou minimizar custos.

O termo programação linear, é uma técnica integrante da pesquisa operacional e que pode ser explicada como planejamento de atividades que descreve um problema, através de um modelo matemático.

Lachtermacher (2004) atribui a ideia de que a programação linear é um problema de programação linear onde as funções objetivo e restrições são lineares, onde está em sua forma padrão se a função objetivo for maximizada atendendo a todas as restrições, termos constantes e variáveis de decisão não negativas. Com a estruturação deste modelo matemático, é possível, obter um resultado ótimo, ou seja, um resultado que melhor alcance os objetivos especificados, dentre todas as alternativas viáveis (HILLIER; LIEBERMAN 2013).

2.3.2.1 Modelo Matemático

Modelo, na concepção do autor Arenales (2015), é a representação simplificada de um problema real expresso por equações matemáticas. A modelagem matemática segundo Caixeta-Filho (2004), possibilita maior conhecimento acerca do tema, facilitando o planejamento e a conjectura de atividades, com objetivo de mostrar a realidade.

O modelo matemático é representado por símbolos e expressões matemáticas que ao final tornam-se equações que descrevem um problema e após resolução uma decisão. Assim, havendo “n” decisões a serem tomadas serão

representadas por meio de variáveis de decisão necessitando assim definir seus respectivos valores (HELLIER e LIEBERMAN, 2013). Desta forma a representação do modelo matemático segundo Lachtermacher (2004), dá-se da seguinte forma:

Maximizar

ou Minimizar:

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

Sujeito a:

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n (\leq, \equiv, \geq) b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n (\leq, \equiv, \geq) b_2$$

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n (\leq, \equiv, \geq) b_n$$

$$X_1, X_2 \dots X_n \geq 0 \text{ não negatividade}$$

Em que:

Z é a função objetivo;

X_j são as 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 o modelo matemático, é composto por três principais fatores: função objetivo, variáveis de decisão e restrições do modelo matemático. O autor explica que a função objetivo é aquela à qual se deseja otimizar, podendo ser tanto maximizada quanto minimizada. Lisboa (2002), interpreta a função objetivo como a mensuração da qualidade apresentada pela solução em função das variáveis da decisão.

Já as variáveis de decisão segundo Caixeta-Filho (2004) são as preferências possíveis para a ocorrência da otimização que desejasse alcançar. O autor assevera também que estas alternativas devem ser definidas para o estabelecimento do modelo matemático.

O mesmo autor expressa sobre as restrições do modelo matemático que são as limitações as quais as variáveis estão sujeitas, afetando de forma direta os valores das variáveis de decisão. Para Belfiore e Fávero (2013), às restrições simbolizam a deficiência dos recursos e dos limites exigidos, com propósito de maximizar ou minimizar a solução ótima.

É importante salientar que qualquer modelo não representa o real, porém torna-se suficientemente similar para converter através de uma análise criteriosa conclusões capazes de serem estendidas a realidade (GOLDBARG E LUNA, 2005).

2.3.3.1 *Análise de Sensibilidade*

A análise de sensibilidade, segundo Moreira (2007), é um conceito fundamental na interpretação de problemas de programação linear, uma vez que definirá como a solução ótima do mesmo poderá sofrer alterações, caso seus coeficientes variem.

Lachtermacher (2004) indica que a análise de sensibilidade está dividida em duas partes. A primeira relaciona-se às mudanças que podem suceder-se em coeficientes das variáveis de decisão da função objetivo. A segunda parte mostra possíveis alterações que as constantes das restrições podem sofrer.

Assim, os autores Belfiore e Fávero (2013), expressam que a análise de sensibilidade é responsável por estudar a variação dos coeficientes da função objetivo e os valores que cada limite pode assumir, sem alteração da solução ótima do modelo inicial. Além disso, os mesmos autores ainda afirmam que essa análise pode ser feita com auxílio de gráficos e cálculos algébricos, ou com softwares como *Solver* do *Excel* ou ainda o software *Lingo*.

Ainda em relação a análise de sensibilidade Stacanelli *et.al* (2015), citam que o *Solver* disponibiliza três tipos de relatórios, relatório de resposta, relatório de limite e relatório de sensibilidade. O relatório de resposta proporciona os valores originais da célula objetivo, e de todas as células de restrições. Já o relatório de limite, concede os limites inferiores e superiores de cada célula que pode ser ajustada, mantendo todos os outros coeficientes originais, atendendo às restrições. Outro relatório, de sensibilidade, fornece o valor final de cada célula restrição, bem como o custo minimizado e coeficiente da função objetivo, permanecendo a solução atual como ótima.

2.3.3.2 *Preço sombra*

O preço sombra no *Solver*, é interpretado por Caixeta-Filho (2004), como a modificação do valor objetivo quando se dá o aumento de uma unidade constante de uma restrição, mantendo as outras inalteradas.

O preço sombra pode também ser compreendido por Belfiore e Fávero (2013, p.182), “como o preço justo pago pelo emprego de uma unidade do recurso ou o custo de oportunidade de recursos pela perda de uma unidade do recurso”.

2.3.3.3 *Custo Reduzido*

No que se refere ao custo reduzido do *Solver*, Lachtermacher (2004) traduz o mesmo como sendo a quantidade que o coeficiente da função objetivo original deverá ser melhorado para tornar a variável básica. Assim, o custo reduzido visualiza o momento em que se deixa de ganhar ou perder por ignorar determinada alternativa.

Para as variáveis do modelo matemático que fazem parte da solução ótima, ou seja, aquelas que tem produção o custo reduzido é zero. O custo reduzido assume outros valores somente se a solução ótima determinar que é viável a produção\consideração de apenas um produto determinado. Nessa situação, o campo indicaria quanto seria alterado o coeficiente na função objetivo caso o produto for fabricado\produzido (LACHTERMACHER, 2004).

2.4 ADMINISTRAÇÃO DE PROPRIEDADES E ATIVIDADES RURAIS

A administração da empresa rural ainda está em processo de desenvolvimento, embasado em critérios tradicionais que apresentam um padrão de desempenho restrito, considerando seu potencial global (CALLADO; CALLADO, 2009).

Desta forma, a contabilidade rural pode contribuir para acelerar o desenvolvimento da administração de uma propriedade rural. A contabilidade rural tem por objetivo como afirma Crepaldi (2016), controlar o patrimônio de empresas rurais, por meio do levantamento de informações que acabam por apurar seus resultados em determinado período de tempo. A contabilidade rural envolve todas as receitas, custos e despesas da empresa rural.

A contabilidade rural é um instrumento fundamental para o controle financeiro e econômico da propriedade rural; pode-se também afirmar que a utilização da contabilidade contribui, sob vários aspectos, com o ambiente onde a entidade esteja inserida (GOMES, 2002, p.21).

Portanto, a contabilidade rural torna-se importante uma vez que define e controla custos bem como, avalia resultados estabelecendo planos e metas capazes

de aumentar a lucratividade. A contabilidade rural por sua vez é um processo no qual se registra todas as operações que ocorrem na empresa, onde para tornar-se eficaz é necessário o conhecimento de todos os fatores que afetam os resultados econômicos (SANTOS, MARION e SEGATI, 2009).

Os autores ainda afirmam que com uma contabilidade rural bem definida o administrador rural poderá melhor planejar, controlar, decidir e avaliar os resultados visando a maximização dos lucros. Além disso, Crepaldi (2016) destaca ainda que a contabilidade rural contribui para a administração da propriedade facilitando aos produtores rurais a tomada de decisões, com o fim de alcançar melhores resultados econômicos, mantendo a produtividade da terra.

2.4.1 Sistemas de Custeio

Os sistemas de custeio são empregados em organizações com objetivo de atribuir a um produto ou serviço custos a ele relacionados (SILVA, 2013). De acordo com Martins (2008), um sistema de custeio fundamenta-se em alocar custos de produção: material direto, mão de obra direta e custos indiretos de produção.

Müller (1996), por sua vez, retrata três princípios básicos para um sistema de custeio: integral, absorção e parcial direto ou variável. O custeio ideal e o custeio por absorção estendem-se aos custos fixos e variáveis nas incorporações aos produtos. Já o custeio parcial direto ou variável, discorre apenas os custos variáveis, sendo que os custos fixos serão despesas do período.

Assim, Silva (2013) afirma que os sistemas de custeio são uma importante ferramenta para a empresa, pois seus resultados são utilizados para o controle de gestão de custos nos mais variados processos, atividades e operações. Além disso, a autora ainda afirma que um sistema de custeio, se bem elaborado, pode revelar informações para uma tomada de decisão mais assertiva permitindo:

- Formar preços de venda ou calcular custos internos;
- Dimensionar e controlar custos de departamentos da empresa, administrando os recursos e controlando a produtividade;
- Estimar margens de lucro para produtos ou serviços.

2.4.1.1 Custeio Direto ou Variável

O custeio variável é entendido por Megliorini (2003), como um método que atende a administração de empresas e que por sua vez considera apenas os custos que variam de acordo com o volume de produção, ou seja custos variáveis. Neste método os custos fixos são lançados no resultado como despesas. Leone (1997) complementa:

A ideia é de que os custos e as despesas que devem ser inventariáveis (debitados aos produtos em processamento e acabados) serão apenas aqueles diretamente identificados com a atividade produtiva e que sejam variáveis em relação a uma medida (referência, base, volume) dessa atividade. Os demais custos de produção, definidos como periódicos, repetitivos e fixos, serão debitados diretamente contra o resultado do período (LEONE, 1997, p.322).

Este método possibilita segundo Hartmann e Behr (2015), realizar uma análise acerca da lucratividade dos produtos sem a necessidade de adotar as bases de rateio arbitrárias para determinação dos custos dos produtos. Leone (1997) afirma que os gestores usam o método a fim de viabilizar o planejamento das operações auxiliando também no processo de simulação com capacidade de prever resultados das intenções entre volume, custo e lucro.

2.4.1.2 Margem de Contribuição

Atualmente, é imprescindível que as organizações conheçam quais os produtos que possuem um maior grau de contribuição para o lucro, como também identifique aqueles com pouca lucratividade. Para alcançar este objetivo é necessário conhecer a capacidade de cada produto tem de gerar receitas e os custos neles atrelados. Assim, utilizando-se da margem de contribuição determina-se quanto cada produto é capaz de render a empresa (NASCIMENTO, 2005).

A margem de contribuição é definida por Martins (2008), como a diferença entre a receita e os custos totais de despesas variáveis, a fim de expor como cada produto contribui para amortização dos gastos fixos e após para formação do lucro. Para Bernardi (1998, p. 159) a margem de contribuição é compreendida como “a diferença entre o valor das vendas, os custos variáveis e as despesas variáveis de venda. Isso significa que se pode avaliar o quanto cada venda contribui para pagar os custos fixos e despesas fixas”.

À vista disso, a determinação da margem de contribuição torna-se significativa para indicar o *mix* de produção resultando na máxima rentabilidade (BORNIA, 2010). Além disso, (PADOVEZE, 2012), insere a ideia de que a margem de contribuição é um instrumento benéfico a organização uma vez que estará mais preparada para tomada de decisões relativa a políticas de incremento de receitas e mudanças de produção que impactam na sua lucratividade.

3 METODOLOGIA

Gil (2002) expõe que na metodologia, são descritos os procedimentos adotados para a realização do estudo. O autor afirma ainda que a organização desta parte depende das peculiaridades de cada pesquisa. Diante disso estão apresentados os métodos de abordagem, métodos de procedimentos e técnica de coleta e análise de dados que foram empregados no estudo.

3.1 MÉTODOS DE ABORDAGEM

Os métodos de abordagem inseridos na pesquisa, são responsáveis segundo Andrade (2009), pelo desenvolvimento da pesquisa e por nortear suas etapas principais. No presente estudo empregou-se o método dedutivo acompanhado do método quantitativo.

Marconi e Lakatos (2010), declaram que o método dedutivo parte do empirismo, ou seja, analisam-se leis e teorias conhecidas referentes ao assunto, para depois explicar a ocorrência de fenômenos particulares. No estudo a aplicação deste método justifica-se para obtenção de conhecimento acerca do assunto, como o planejamento agrícola e a programação linear, para então chegar-se a propriedade objeto de estudo.

Já a pesquisa quantitativa é uma medição numérica e estatística onde determina-se padrões e confirma-se também teorias (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO,2013). Neste estudo foram quantificados custos das culturas de soja safra, soja safrinha, milho e trigo no ano agrícola de 2017\2018. Além disso, fez-se necessário a quantificação de todos os recursos que envolvem a produção, além da receita bruta e margem de contribuição para cada uma das quatro culturas.

3.2 MÉTODOS DE PROCEDIMENTOS

Os métodos de procedimentos constituem as etapas mais concretas da investigação, onde os fenômenos menos subjetivos ganham explicações de forma geral (MARCONI, LAKATOS,2010). As técnicas de procedimentos adotadas no presente estudo foram a pesquisa descritiva, pesquisa bibliográfica e estudo de caso.

Quanto aos objetivos, a pesquisa caracteriza-se como descritiva, que segundo Gil (2002), tem por finalidade descrever características de determinada

população ou fenômeno estabelecendo relação entre as variáveis estudadas. Além disso, o autor afirma que este tipo de pesquisa busca a utilização de técnicas padronizadas de coletas de dados, como questionário e observação sistemática. Esta técnica foi aplicada para descrever a situação atual da propriedade, bem como para descrever o processo produtivo tornando-se importante também para análise e discussão dos resultados.

Já a pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em materiais já existentes e publicados (GIL, 2002). Para este estudo, a pesquisa bibliográfica está presente no referencial teórico com o objetivo de aprofundar conhecimentos acerca da pesquisa operacional, programação linear aplicada a agricultura, custos e culturas plantadas.

O estudo de caso, para Marconi e Lakatos (2010, p. 274), “refere-se ao levantamento com mais profundidade de determinado caso ou grupo humano sob todos os seus aspectos”. No trabalho, foram levantadas características específicas da propriedade rural como custos, número de hectares e culturas para que fosse possível a aplicação da programação linear.

3.3 TÉCNICAS

A técnica é traduzida por Marconi e Lakatos (2010), como um conjunto de tarefas que com aplicação de instrumentos de pesquisa obtém dados para a solução de problemas. As técnicas dividem-se em coleta de dados e em análise de dados.

3.3.1 Técnica de coleta de dados

Para a coleta de dados utilizou-se a pesquisa documental onde tornou-se necessário a realização de uma pesquisa de campo para coletar dados pertinentes ao estudo em questão. Silva e Menezes (2001) citam que pesquisa documental é realizada em materiais que não passaram por tratamento analítico. A pesquisa documental foi utilizada para recolhimento de dados pertinentes ao desenvolvimento da pesquisa baseando-se em registros que a propriedade possuía.

Na coleta de dados ainda foi necessário a aplicação da pesquisa de campo, que compreende a observação de fatos e fenômenos que ocorrem espontaneamente. Além disso a pesquisa de campo busca informações sobre determinado problema pelo qual se procura uma resposta (RIBAS e

FONSECA,2008). Desta forma, a pesquisa de campo buscou dados e informações através da entrevista informal e entrevista semiestruturada a respeito das culturas, dos custos e da atual situação da propriedade objeto deste estudo.

A entrevista não estruturada é considerada por Ribas e Fonseca (2008), como uma conversa informal onde as perguntas são abertas e de forma genérica proporcionando maior liberdade ao entrevistado. Esta técnica foi empregada ao agricultor, onde de forma geral procurou-se saber mais a respeito da propriedade, como ocorre o plantio e colheita das culturas de trigo, milho, soja safra e soja safrinha, e para entendimento e formulação dos custos neles envolvidos.

Quanto a aplicação da entrevista semiestruturada que segundo Boni e Quaresma (2005) é combinada com perguntas abertas e fechadas, onde o entrevistado tem a oportunidade de discorrer sobre o tema proposto. Os autores ainda destacam que este tipo de entrevista tem o preceito de seguir com um conjunto de questões previamente definidas, mas que se conduz de modo semelhante ao de uma conversa informal. Este método de coleta de dados foi oportuno para recolher as informações com um engenheiro agrônomo, e, encontra-se no Apêndice A do presente estudo. Na entrevista, foi considerada a quantidade de insumos que são necessários para cada cultura por hectare, bem como maneiras para obtenção de melhores práticas de manejo das culturas, contribuindo desta forma para a obtenção de um resultado mais assertivo.

3.4 TÉCNICAS DE ANÁLISE DE DADOS

A análise de dados objetiva organizar e sumarizar todos as informações compiladas durante a realização de algum trabalho, procurando oferecer respostas ao problema proposto. Já a interpretação destes dados, tem por finalidade entender o sentido mais amplo das respostas, com base em ligações a conhecimentos anteriormente obtidos (GIL, 2002).

A fim de facilitar a organização dos dados obtidos no presente estudo, muniu-se do programa *Draw.io* que tem por principal objetivo a construção de fluxogramas de forma rápida e precisa. O programa anteriormente citado foi utilizado para elaboração de fluxograma dos processos produtivos das culturas produzidas na propriedade.

Para resolver um problema de programação linear, após a montagem do modelo matemático, é necessário a utilização de alguns softwares que segundo

Ferreira e Baron (2017), melhora e acelera o processo de assimilação da solução ótima. Desta forma *software Excel* foi utilizado na elaboração de planilhas eletrônicas que trazem os dados quantitativos coletados na pesquisa documental e nas entrevistas. Além disso o software também auxiliou para modelagem matemática do problema de planejamento de produção de culturas da propriedade.

Quando o modelo matemático foi construído, muniu-se da ferramenta *Solver*, que se adequou ao teste de hipóteses do mesmo. O *Solver* é utilizado para encontrar um valor ideal que pode ser máximo ou mínimo para um conjunto de células que podem incluir restrições ou limitações. O *Solver* trabalha com um grupo de células, chamadas variáveis de decisão ou simplesmente de células variáveis, usadas no cálculo das fórmulas nas células de objetivo e de restrição. A ferramenta ainda ajusta os valores nas células variáveis de decisão para satisfazer aos limites sobre células de restrição e produzir o resultado desejado para a célula objetiva (MICROSOFT, 2016).

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

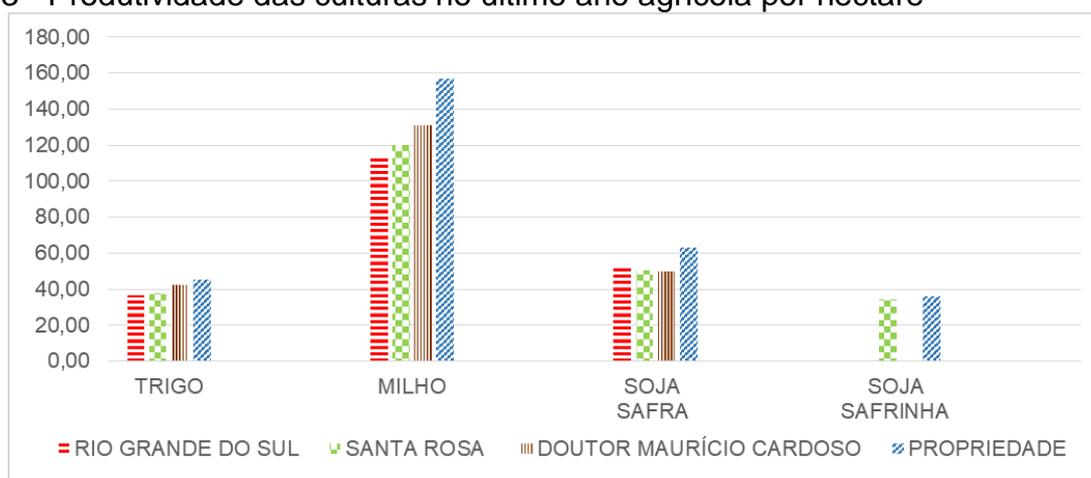
Este capítulo tem por propósito expor a atual situação de uma pequena propriedade rural sobre as atividades de agricultura praticadas e, através da programação linear orientar o agricultor acerca de quais culturas são mais rentáveis. Assim, neste capítulo buscou-se a solução para o problema proposto no estudo bem como, atingir o objetivo geral, por meio do cumprimento dos objetivos específicos.

4.1 CARACTERIZAÇÃO E HISTÓRICO DA PROPRIEDADE

A propriedade rural, objeto do presente estudo, está situada na zona rural do município de Doutor Maurício Cardoso, noroeste do estado do Rio Grande do Sul. A propriedade caracteriza-se, segundo definições da Lei 4.504/64 do Estatuto da Terra, como propriedade familiar, onde atualmente exercem atividade pai e filho (BRASIL, 1964). A propriedade iniciou suas atividades em 1950 quando Zigmundo Worchinski adquiriu uma área de terra de 26 hectares, onde construiu sua casa e armazéns para guarda de maquinários. A família ainda vive no local, e com o passar dos anos ampliou suas áreas de terra, sendo que hoje possui 64 hectares de área própria e 30 hectares de área alugada de terceiros.

A principal atividade exercida na propriedade é a agricultura, a qual é responsável pela geração de grande parte da renda familiar. Na área dos 94 hectares são cultivados diferentes tipos de grãos, como trigo, milho e soja. A soja apresenta duas fases onde é chamada de soja safra e soja safrinha. Os intervalos de plantio das culturas são regulares, uma vez que respeitam a rotatividade de culturas necessária para recuperação do solo. No que se refere a produtividade, a mesma é determinada ao final de cada cultura e indicada por sacas por hectare. A figura 3 apresenta a produtividade de cada cultura nos últimos três anos agrícolas comparando estado, região, município e propriedade.

Figura 3 - Produtividade das culturas no último ano agrícola por hectare



Fonte: Adaptado de IBGE, 2018

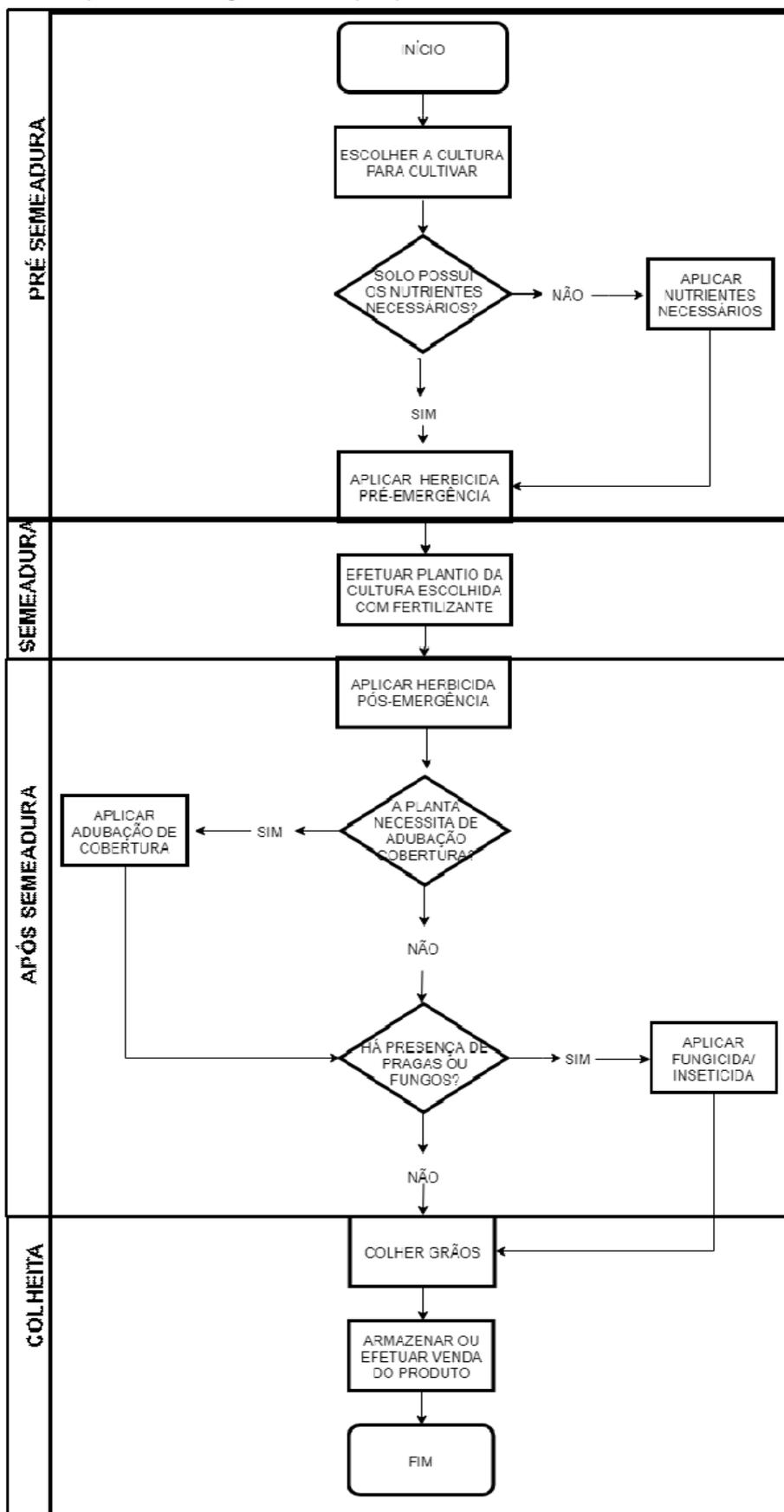
A figura 3, mostra a média de produtividade dos últimos três anos das quatro culturas. As barras dos gráficos estão expostas da esquerda para a direita sendo apresentados dados do Rio Grande do Sul, Região de Santa Rosa, Município de Doutor Maurício Cardoso e por fim da propriedade. Assim, pode-se verificar que a média da propriedade foi maior em todas as quatro culturas, se comparado às médias do estado, microrregião e município. Para a cultura de trigo, durante os três últimos anos agrícolas, a propriedade registrou uma média de 45 sacas por hectare,

O milho apresentou um bom desempenho e alcançou a margem de 157 sacas por hectare colhido. Já quando se observa a soja safra pode-se verificar que a produtividade do estado, microrregião e município foram parecidas, porém a propriedade obteve uma média acima das demais, com pouco mais de 63 sacas por hectare.

A soja apresenta duas safras, porém a segunda não é reconhecida como uma safra oficial pelos órgãos competentes. Desta forma, a soja safrinha é apresentada somente para produtividade referente a região e propriedade, a qual atingiu a média de 36 sacas por cada hectare que foi colhido.

Após breve exposição da produtividade de cada cultura, a figura 4 irá demonstrar as principais fases do processo produtivo das mesmas, a fim de melhor entender a sistemática e compreender o ciclo dos grãos.

Figura 4 - Processo produtivo agrícola da propriedade rural



Fonte: O autor, 2018

O processo produtivo descrito na figura 4 pode ser interpretado desta forma para todas as culturas, pois demonstra um apanhado geral do processo produtivo agrícola. O processo que é iniciado com a escolha da cultura, segue com a verificação de nutrientes do solo, onde, através de testes realizados por um engenheiro agrônomo é verificado o nível de concentração de nutrientes. Caso a amostra de solo esteja abaixo do nível ideal, os nutrientes são repostos. Assim que o solo apresentar as condições favoráveis ao desenvolvimento da planta, é aplicado herbicida pré-emergencial para garantir a eficaz germinação da semente.

Conforme a planta cresce são prescritos tratamentos por um técnico agrícola ou um engenheiro agrônomo para conter insetos, doenças e ervas daninhas que possam prejudicar a produtividade da lavoura. A planta pode receber adubação de cobertura para auxiliar no seu crescimento, ou adubos para estimular seu progresso. Em cada cultura o tratamento citado anteriormente é diferenciado pelo número de aplicações. A colheita, fase que ocorre de 4 a 5 meses após o plantio é a última fase do processo produtivo, sendo que, o produto a granel é transportado para silos onde ocorre a secagem e preparação para venda. O produto pode ser armazenado e vendido, quando o produtor solicitar.

Para que todas as fases do processo produtivo das culturas sejam cumpridas, o agricultor tem à disposição equipamentos e implementos que o auxiliam no cultivo da terra. A figura 5, resume máquinas e implementos que o proprietário possui, indicando também o momento de seu uso.

Figura 5 - Máquinas e Implementos disponíveis na propriedade

Máquina/ Implemento	Pré-semeadura	Semeadura	Após semeadura	Colheita
Trator 1987	X	X	X	X
Trator 2010		X		
Trator 2007	X		X	X
Semeadora de inverno 2008		X		
Distribuidor de Fertilizantes 2015			X	
Colheitadeira 2008				X
Plataforma Milho 8lx55cm 2016				X
Semeadora de verão 8lx55cm 2015		X		
Pulverizador 2012	X		X	
Caminhão 1972	X	X	X	
Caminhão 1986	X			X
Chupim Graneleiro 2011				X
Espalhador de Calcário 1999	X			
Guincho Big-Bag 2014		X	X	
Grade 36 discos 1985	X			

Fonte: O autor, 2018

A figura 5 exibe recursos referentes a máquinas e implementos próprios que são utilizados no cultivo do trigo, milho, soja safra e soja safrinha. Dentre estes equipamentos, o trator é utilizado em todas as fases do processo produtivo agrícola, sempre acompanhado de algum implemento. Nas fases de pré semeadura, o trator pode ser utilizado com pulverizador, grade ou espalhador de calcário. Já na fase de semeadura o trator é sempre combinado a semeadeira e com guincho *big-bag*, facilitando o abastecimento de insumos. Após o processo de semeadura, as culturas irão carecer de aplicação de fertilizantes, onde, o distribuidor de fertilizantes é utilizado juntamente com o trator para lançar adubo na planta.

Na última fase do processo produtivo o trator com chupim, acelera e evita atrasos quando não há disponibilidade imediata de caminhão na lavoura para descarga de grãos colhidos. Ainda nesta fase, a plataforma é acoplada a colheitadeira, que apanha as plantas e as fragmenta a fim de retirar seus grãos. Com uma série de combinações o produtor rural pode realizar seu trabalho durante todo o processo produtivo.

4.2 CICLO E PROCESSO PRODUTIVO DAS CULTURAS

O presente estudo levou em consideração recursos do último ano agrícola que corresponde ao período de maio/2017 a abril/2018. Em maio considerou-se o trigo e em agosto semeou-se o milho. A cultura de soja, deu início em novembro enquanto que a soja safrinha foi semeada em janeiro. Esta última, teve seu ciclo findado no mês de abril o que por sua vez, caracterizou-se como o ano agrícola do presente estudo.

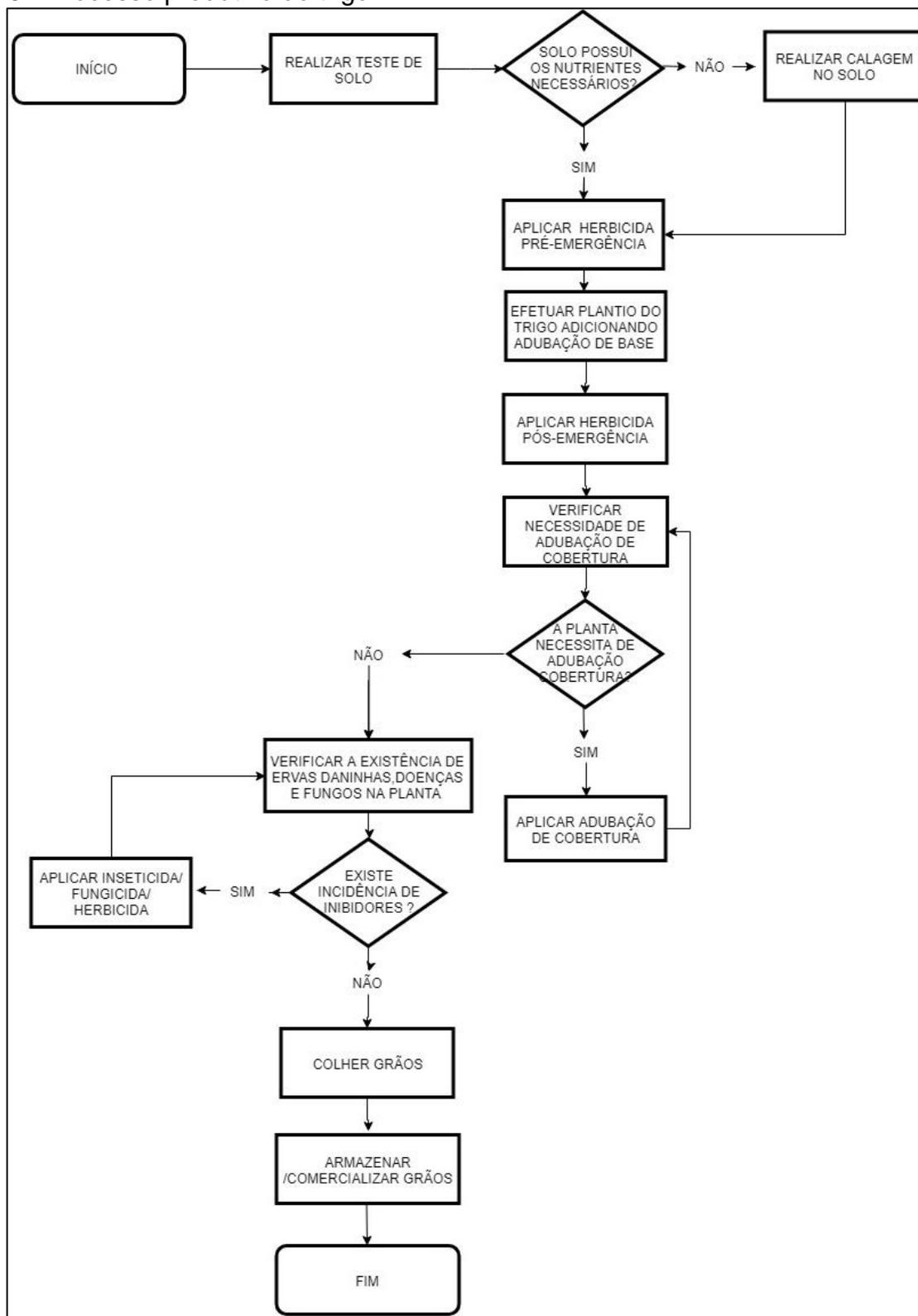
Para levantamento de recursos utilizados para as culturas de trigo, milho, soja safra e soja safrinha elaborou-se uma entrevista informal com o proprietário. Na entrevista, foram identificados insumos e equipamentos essenciais à cada fase do processo produtivo, bem como o tempo despendido para a realização do manejo do solo e de pragas, plantio e colheita das culturas.

4.2.1 Processo produtivo do trigo

O trigo, um cereal, que na propriedade tem seu ciclo iniciado na última quinzena de maio podendo ser colhido durante todo mês de outubro, representa uma cultura de inverno, onde necessita de clima frio e seco para seu

desenvolvimento. Para o processo produtivo do cereal, são consideradas as seguintes fases:

Figura 6 - Processo produtivo do trigo



Fonte: O autor, 2018

A figura 6 apresenta todas as fases do processo produtivo da cultura de trigo, que enceta com a solicitação de uma análise de solo a ser realizada por um engenheiro agrônomo. Se o teste indicar a deficiência de algum componente no solo, este pode ser recuperado através da calagem. Quando não há necessidade de calagem parte-se diretamente para a aplicação de herbicida pré-emergencial, com intuito de evitar o aparecimento de ervas daninhas. Para a semeadura, a semente é tratada com produtos inibidores de insetos e fungos, propiciando melhor germinação.

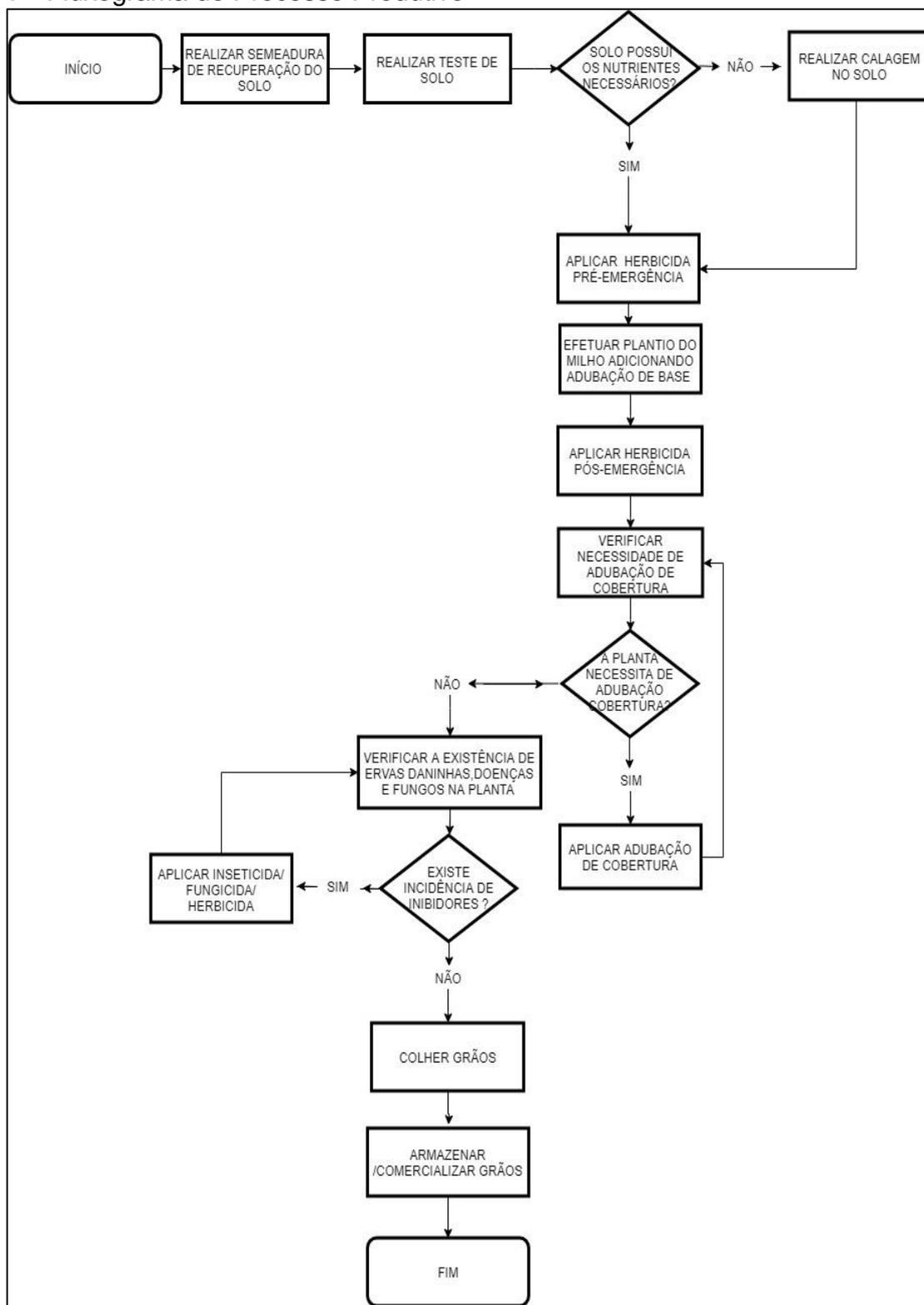
Decorridos 20 dias da semeadura faz-se necessário aplicar herbicida pós-emergencial para evitar que ervas daninhas interfiram no desenvolvimento do trigo. Nas próximas fases sempre é necessário um diagnóstico da lavoura que é elaborado por um engenheiro agrônomo ou técnico agrícola, por meio de visitas e análises. Com este diagnóstico o produtor segue o processo produtivo, verificando se o trigo necessita de adubação de cobertura, realizada 30 dias após a emergência da planta. Já os tratamentos de fungicida e inseticida são usados combinados, com o propósito de proteger o trigo de insetos e fungos, capazes de causar danos à planta. Para o ano agrícola considerado neste estudo, a aplicação repetiu-se 3 vezes com intervalo de 20 dias entre elas.

Quando o trigo completa o ciclo de 100 a 110 dias, inicia-se o processo de amadurecimento, onde para colheita, a planta apresenta coloração amarelada. A colheita do trigo dá-se durante a última quinzena de outubro, estendendo-se a todo mês de novembro. O trigo é então levado pelo produtor para secagem em empresas especializadas, e vendido no momento em que o mesmo solicitar.

4.2.2 Processo produtivo do milho

O milho, que pode ser semeado a partir do mês de julho avançando até o mês de agosto, é hoje a principal matéria prima brasileira, base para alimentação animal. Desta forma, seu cultivo vem crescendo no noroeste gaúcho, uma vez que apresenta alta produtividade. Além disso, o milho é importante para a rotação de culturas, garantindo estrutura ao solo, contribuindo para diminuição de pragas e fungos. Para melhor entendimento, o processo produtivo do milho está representado na figura 7.

Figura 7 - Fluxograma do Processo Produtivo



Fonte: O autor, 2018

O processo produtivo do milho desperta antes mesmo do período de plantio do mesmo, devido a necessidade de realizar-se a semeadura de nabo combinado a aveia branca, com o objetivo de proteger o solo. Juntas, estas culturas garantem ao

solo a reciclagem de nutrientes. Para o atual ano agrícola ocorreu a semeadura de 12 kg de nabo e 35 kg de aveia combinados para cada hectare. Nesta fase foi necessário também a aplicação de adubo de mistura.

Devido ao processo anterior, não houve a necessidade de aplicação de nutrientes adicionais antes do plantio de milho, porém sempre recomenda-se realizar análises para deixar o solo preparado para receber a cultura. Decorridos 60 dias da semeadura do nabo e aveia, a lavoura é dessecada com herbicida, a fim de exterminar o próprio nabo, aveia e ervas daninhas. Este herbicida acaba, portanto, em substituir o herbicida pré-emergencial.

Quando o solo se encontra em boas condições, o milho então é semeado e germina desde que as condições climáticas sejam adequadas após 4 a 5 dias. Posteriormente a 20 dias da germinação, é necessário realizar a aplicação de herbicida pós-emergencial, controlando ervas daninhas na lavoura. Nesta fase é de extrema importância controlá-las, pois podem comprometer o desenvolvimento do milho prejudicando também sua produtividade final. Além disso, um meio de aumentar o rendimento da cultura é por meio da aplicação de adubação de cobertura.

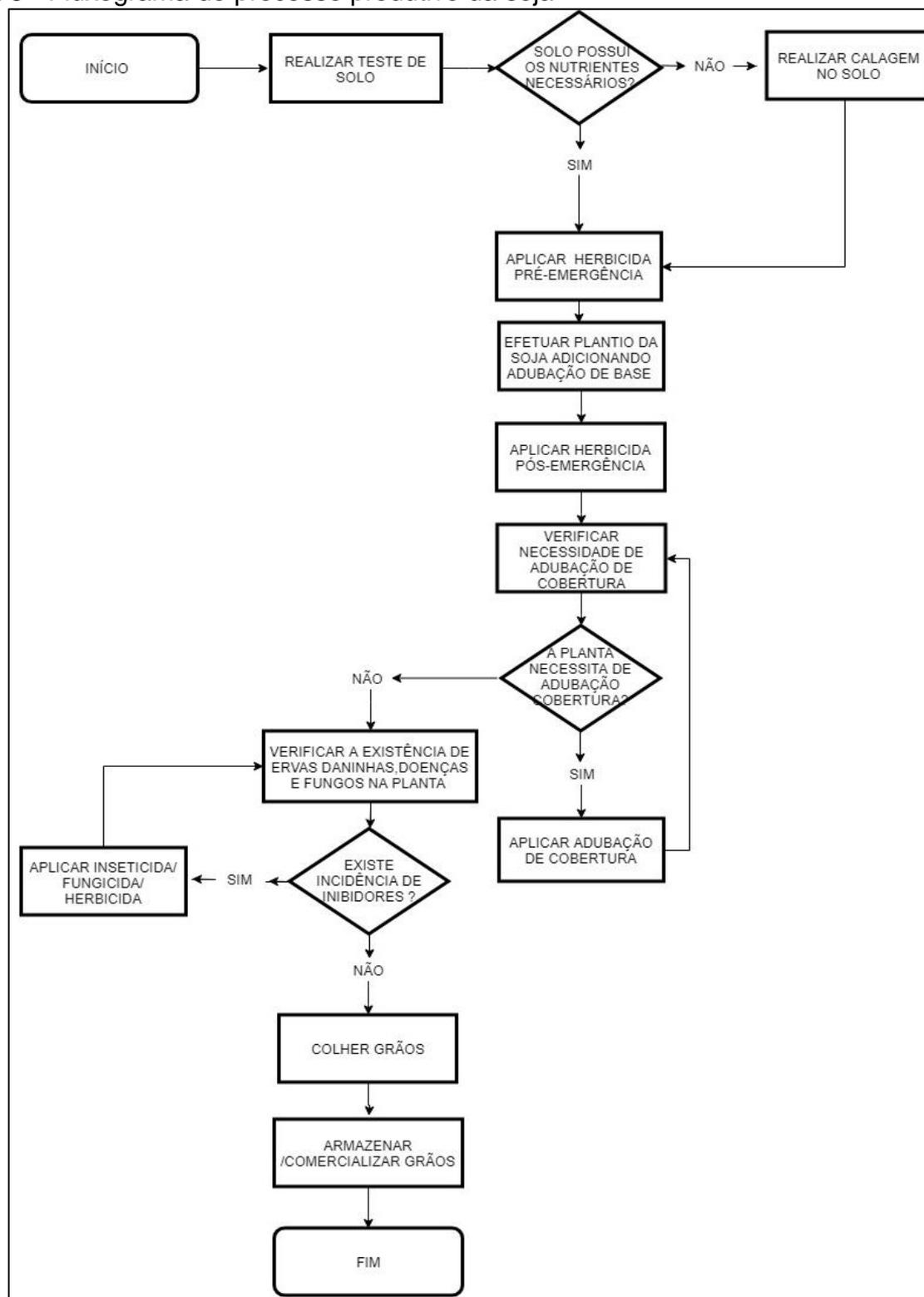
A adubação de cobertura utilizada no milho no ano agrícola 2017/2018 foi a ureia, fertilizante foliar nitrogenado, que quando aplicado na quantidade correta oferece à planta maiores condições para realizar a fotossíntese, condicionando-a assim a um melhor desenvolvimento. No processo produtivo durante o ano agrícola abordado neste estudo, foram feitas duas aplicações de ureia após 25 e 45 dias da germinação, respectivamente.

A alta tecnologia empregada nas cultivares de milho dá a oportunidade de somente um tratamento de inseticida e fungicida, porém é imprescindível a realização de consultorias com técnicos agrícolas que indicarão a necessidade ou não do uso dos mesmos. No processo considerado para este estudo, foi feito apenas um tratamento de fungicida, para inibir fungos presentes na planta. Após o período em que se investe no desenvolvimento da planta, esta tem em torno de 80 dias para expansão de seus grãos. A duração do ciclo do milho é extremamente variável, porém, na propriedade, durante o ano agrícola indicado o ciclo da cultura apresentou 130 dias. Após a colheita, o cereal é seco, armazenado e preparado para a comercialização.

4.2.3 Processo produtivo da soja

A soja, cultivada na propriedade apresenta duas safras. Na primeira safra, o plantio ocorre em novembro, na mesma área de terra em que o trigo havia sido cultivado. Já a segunda etapa, a soja safrinha, tem seu ciclo de janeiro a maio, sendo semeada na área de terra que antes abrigou a cultura de milho. As duas safras de soja apresentam um processo produtivo semelhante, variando sempre no número de aplicações de fertilizantes e tratamentos, de acordo com diagnóstico. Na figura 8 é possível visualizar o processo produtivo da primeira e segunda safra de soja.

Figura 8 - Fluxograma do processo produtivo da soja



Fonte: O autor, 2018

Diante da figura 8, afere-se que, assim como outras culturas, o solo precisa estar adubado para receber a semente. A necessidade de nutrientes foi verificada por um técnico e com o teste realizado pela pessoa competente, definiu-se a não

aplicação de nutrientes que antecedem o plantio da soja, tanto na primeira, quanto na segunda safra.

Assim, a dessecação com herbicida antecedeu o plantio em cerca de 10 dias cuja semente foi tratada para melhor germinação. Após o plantio foi realizada uma aplicação de herbicida pós-emergencial, a fim de evitar que ervas daninhas comprometam o desenvolvimento da soja. As fases que foram até aqui apresentadas, cumpriram-se nas duas safras, sendo que, a partir das fases onde aplica-se tratamentos seja de fungicida ou inseticida, definidas novamente por diagnóstico.

Para a primeira safra de soja, foi verificado que havia necessidade de aplicação de adubação de cobertura, a qual foi realizada com cloreto de potássio, que visa principalmente a reposição de potássio ao solo. O potássio ativa muitas enzimas na planta, contribuindo para melhor fixação da planta ao solo e desenvolvimento do caule e das folhas. Os procedimentos contra insetos e fungos foram administrados por duas vezes. Houve também o emprego do adubo foliar, que quando lançado a planta, supre as carências nutricionais em qualquer lugar da morfologia da planta.

Já a segunda safra, a soja safrinha, recebeu depois de herbicida pós-emergencial apenas os tratamentos de inseticida e fungicida, os quais foram aplicados por duas vezes consecutivas. A colheita da soja safra ocorreu entre no mês de abril, e em maio colheu-se a soja safrinha. Na colheita, os grãos foram levados para secagem em estabelecimentos adequados e disponibilizados para comercialização.

4.3 LEVANTAMENTO DE CUSTOS DO ATUAL PROCESSO PRODUTIVO DAS DIFERENTES CULTURAS POR HECTARE

No que tange a investigação de custos, foram apresentados os processos produtivos de cada cultura, a fim de melhor compreender sua derivação. Para levantamento dos custos, foram necessárias pesquisas em notas fiscais, recibos e registros arquivados pelo proprietário, durante o ano agrícola de 2017/2018.

4.3.1 Custos diretos

Os custos diretos são identificados como sendo aqueles relacionados diretamente com o processo produtivo, os quais podem ser identificados em cada cultura, conforme apresenta-se a seguir.

4.3.1.1 Trigo

Para os custos de produção do trigo, abordou-se as fases de pré-semeadura, semeadura e o pós semeadura. Assim, os custos por hectare estão descritos na tabela 1, onde foram considerados tratamentos para fungos, insetos e ervas daninhas bem como, demais insumos necessários para o desenvolvimento da planta.

Tabela 1 - Custos diretamente envolvidos no processo produtivo do trigo

Produtos/Insumos	Quantidade/ha	Unid.	Aplicações	Custo/hectare
Herbicida pré-emergencial	0,006	kg	1	R\$ 36,00
Semente	140	kg	1	R\$ 210,00
Adubação de mistura	200	kg	1	R\$ 206,40
Herbicida pós-emergencial	0,1	kg	1	R\$ 74,17
Nitrogênio de cobertura	150	kg	1	R\$ 183,00
Fungicida	0,7	lt	3	R\$ 109,20
Inseticida	0,1	lt	3	R\$ 78,00
Óleo espalhante	0,5	lt	5	R\$ 32,50
Total por hectare				R\$ 929,27

Fonte: O autor, 2018

Na tabela 1, são apresentados todos os custos diretos de produção, onde os maiores são representados na fase de semeadura, como a semente e a adubação. A semente utilizada para o trigo custou para o produtor o equivalente a R\$ 210,00 por hectare. Já a adubação, utilizada para o plantio, refletiu o montante de R\$ 206,40 por hectare.

Quando os tratamentos de herbicida, fungicida e inseticida são utilizados é misturado a estes um óleo que facilita a aderência dos produtos a planta. Este óleo foi utilizado por cinco vezes, nas aplicações de herbicidas pré-emergencial e pós-emergencial, inseticida e fungicida. Nestes dois últimos, foram necessárias três aplicações de igual dose, acrescentando ao custo final o valor de R\$ 329,87,

considerando todos os tratamentos aqui descritos. Anexando este valor a outros insumos necessários, o custo total por cada hectare de trigo cultivado durante o ano agrícola de 2017/2018, foi de R\$929,27.

4.3.1.2 Milho

Os custos diretos no processo produtivo do milho podem ser visualizados na tabela 2, onde fazem parte insumos como semente e fertilizantes, bem como tratamentos para inibir ervas daninhas, insetos e doenças que, se não controlados, ocasionam perda de produtividade.

Tabela 2 - Custos diretamente envolvidos no processo produtivo do milho

Produtos/Insumos	Quantidade/ha	Unid.	Aplicações	Custo/ha (R\$)
Herbicida pré-emergencial	2	lt	1	21,16
Semente	1,25	sc	1	803,88
Adubação de mistura	7	sc	1	360,50
Herbicida pós-emergencial	2	lt	1	21,16
Nitrogênio de cobertura	4	sc	2	400,00
Fungicida	0,3	lt	1	36,00
Tratamento semente	0,25	lt	1	55,50
Óleo espalhante	0,3	lt	2	9,12
Lubrificante para semente	0,14	kg	1	1,05
Total por hectare				R\$ 1.708,37

Fonte: O autor, 2018

A cultura do milho, apresenta um custo elevado quando se trata da semente utilizada, cerca de R\$ 803,88 por cada hectare. Este elevado custo dá-se pelo fato da semente abrigar alta tecnologia, que permite melhor germinação, além de proteger a planta de fungos e pragas durante todo seu ciclo. Apesar da semente já conter alta tecnologia envolvida, há necessidade de tratar a mesma com uma substância que reforçará a proteção. No mesmo momento em que a semente é lançada a terra, é misturada a ela um lubrificante, para facilitar sua semeadura.

Devido a semente estar protegida, o milho não necessita de mais de uma aplicação de fungicida que na safra apresentou o custo de R\$ 36,00 por hectare. O nitrogênio de cobertura apresenta o segundo maior custo, R\$ 400,00. Já a adubação de mistura realizada no momento de semeadura, representa no processo o terceiro

maior custo, com R\$ 360,50 por hectare. Assim, o custo total, considerando apenas os custos diretos de produção do milho, ficam em R\$ 1.708,37 por hectare.

4.3.1.3 Soja safra

Para a primeira safra da soja, que ocorre de novembro a abril, os custos de produção são contabilizados quando os insumos dispostos na tabela 3, são empregados.

Tabela 3 - Custos diretamente envolvidos no processo produtivo da soja

Produtos/Insumos	Quantidade / ha	Unid.	Aplicações	Custo/ha (R\$)
Herbicida pré-emergencial	2,0	lt	1	22,40
Tratamento semente	0,1	lt	1	34,00
Semente	56,3	kg	1	337,50
Adubação de mistura	7,0	sc	1	437,50
Herbicida pós-emergencial	2,0	lt	1	30,00
Cloreto de potássio	2,0	sc	1	108,80
Fungicida	0,4	lt	3	206,40
Inseticida	0,6	lt	3	52,20
Óleo espalhante	0,3	lt	8	35,69
Adubo foliar	0,5	lt	2	34,60
Lubrificante para semente	0,1	kg	1	1,05
Total por hectare				R\$ 1.300,14

Fonte: O autor, 2018

De acordo com as informações da tabela 3, verifica-se que os insumos de maior custo para o produtor são usados na fase de plantio, como a adubação de mistura e semente que custam R\$ 437,50 e R\$ 337,50 por hectare, respectivamente. Os dois insumos juntos, representam pouco mais de 59 % do valor total dos custos com insumos.

Além destes custos iniciais com plantio, durante o desenvolvimento da soja, foram feitos três tratamentos de fungicida e inseticida, com custo de R\$ 258,60 para cada aplicação por hectare. O somatório de todos os recursos utilizados, representa o custo total para a produção de um hectare de soja safra de R\$ 1.300,14.

4.3.1.4 Soja segunda safra

A soja safrinha, assim como é conhecida a segunda safra de soja no noroeste do Rio Grande do Sul, apresenta um custo total menor, se comparado a soja

primeira safra, porém seu rendimento também é inferior quando comparado à soja safra. Para conhecimento dos custos da segunda safra de soja, estão estes apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Custos diretamente envolvidos no processo produtivo da soja

Produtos/Insumos	Quantidade / ha	Unid.	Aplicações	Custo/ha (R\$)
Herbicida pré-emergencial	1,3	lt	1	35,75
Tratamento semente	0,1	lt	1	6,80
Semente	51,3	kg	1	298,79
Adubação de mistura	6,5	kg	1	402,03
Herbicida pós-emergencial	1,3	lt	1	15,31
Fungicida	0,4	lt	3	44,4
Inseticida	0,7	lt	3	112,87
Óleo espalhante	0,3	lt	8	5,95
Lubrificante para semente	0,1	kg	1	1,05
Total				R\$ 922,94

Fonte: O autor, 2018

Conforme pode-se visualizar na tabela 4, os maiores custos do processo produtivo assim como na soja safra, também estão relacionados ao momento de plantio, com destaque a adubação de mistura que tem custo de R\$ 402,03 para cada hectare. Já a semente é o segundo maior custo com R\$ 298,79 por hectare.

As aplicações de fungicida e inseticida bem como o óleo espalhante utilizado no processo, são realizadas três vezes, devido a soja manifestar tendência ao surgimento de doenças, principalmente a ferrugem, e ataque de pragas como o percevejo e a lagarta. Estes tratamentos por sua vez correspondem a apenas 17,6% do custo total que é avaliado em R\$ 922,94 por hectare.

4.3.2 Custos Indiretos

Os custos indiretos são aqueles que não podem ser associados ao processo produtivo, necessitando, portanto, serem alocados em cada fase. Desta forma, a tabela 5 demonstra para cada máquina ou implemento, os custos indiretos que os envolvem por cada hora quando os mesmos são utilizados.

Tabela 5 - Custos por máquina e implemento

Recurso	Depreciação (R\$/hora)	Manutenção (R\$/hora)	Combustíveis (R\$/hora)	Juros/Seguros/Impostos (R\$/hora)	Custos variáveis (R\$/hora)
Trator 1987	-	41,03	40,09	-	81,12
Trator 2007	0,4	55,30	54,34	9,42	119,07
Trator 2010	0,67	34,34	33,41	6,32	74,74
Colheitadeira 2008	3,33	81,16	80,18	38,08	202,76
Plataforma milho 8lx55cm 2016	1,33	2,45	-	-	3,78
Semeadora de inverno 2008	0,61	0,76	-	-	1,37
Semeadora 8lx55cm 2015	2,8	2,35	-	-	5,15
Pulverizador 2012	0,5	0,56	-	-	1,06
Caminhão 1972	-	78,12	77,16	0,52	155,80
Caminhão 1986	-	76,70	75,73	0,80	153,23
Chupim graneleiro 2011	0,11	0,73	-	3,58	4,42
Espalhadeira de calcário 1999	-	0,52	-	-	0,52
Distribuidor de Fertilizantes 2015	0,22	0,56	-	-	0,78
Guincho big-bag 2014	0,13	0,78	-	-	0,92
Classificador de cereais 1990	-	0,13	-	-	0,13
Grade 36 discos 1985	-	0,53	-	-	0,53

Fonte: O autor, 2018

De acordo com a tabela 5, pode-se aferir que, todos os custos estão expressos em horas, pois para cada cultura há um período diferenciado que a máquina ou implemento realiza um serviço. Assim, somou-se ao custo variável total a depreciação, cujo maior valor corresponde a Colheitadeira 2008 R\$ 3,33 a cada hora. Há, porém, máquinas e equipamentos que não apresentam depreciação, pois a vida útil já ultrapassa dez anos.

Os custos de manutenção estão presentes em todos os recursos, sendo o de maior custo também a colheitadeira 2008 com R\$ 81,16 por hora. Aos custos de manutenção estão inseridos também custos referentes a troca de óleo para máquinas e adicional de graxa para implementos. Estes custos, foram calculados com a premissa do Instituto de Economia Agrícola, que considera que, para máquinas o custo de manutenção seja equivalente a 100% do valor de aquisição durante a vida útil da máquina. Já para os implementos, considerou-se 5% do valor de aquisição. Assim, para manutenção, o valor de aquisição foi dividido pela vida útil e ainda, dividido pelo total de horas trabalhadas ao ano.

Em algumas máquinas e implementos ainda se somou o custo com juros e seguros, no caso de equipamentos financiados, como os tratores 2007 e 2008, colheitadeira 2008 e chupim 2011. Já para os caminhões, os custos nesta etapa são referentes apenas a impostos obrigatórios. Desta forma, obtém-se os custos variáveis totais por hora, quando o maior deles fica a colheitadeira 2008, com R\$202,72 para cada hora em que a mesma é utilizada. A estes serão somados em

uma próxima fase, custos diretos e assim constituídos os custos totais de cada cultura.

4.3.3 Determinação do custo total para cada cultura

Para a explanação dos custos totais para cada cultura, reuniu-se os custos apresentados nas seções 4.3.1 e 4.3.2, determinando desta forma, o custo total de produção para cada uma das culturas, conforme a tabela 06 ilustra. Na tabela 06, foram considerados custos diretos e indiretos, além do valor de arrendamento, que é pago após a safra de soja e valor de juros de financiamento agrícola.

Tabela 06 - Custo total por hectare

Cultura	Arrendamento (R\$/ha)	Custos indiretos (R\$/ha)	Juros de financiamento agrícola(R\$/ha)	Custos diretos (R\$/ha)	Custo total (R\$/ha)
Trigo	R\$ 142,40	R\$ 418,23	R\$ 40,74	R\$ 589,27	R\$ 1.201,24
Milho	R\$ 142,40	R\$ 673,65	R\$ 93,96	R\$ 1.708,37	R\$ 2.628,97
Soja safra	R\$ 142,40	R\$ 385,79	R\$ 71,51	R\$ 1.300,14	R\$ 1.910,44
Soja safrinha	R\$ 142,40	R\$ 356,44		R\$ 922,94	R\$ 1.432,38

Fonte: O autor, 2018

De acordo com os custos considerados na tabela 6, pode-se aferir que a cultura com maior custo é o milho, onde suas despesas somam R\$ 2.628,97. Para o custo total, porém foram considerados ainda arrendamento, juros de financiamentos, custos indiretos e custos diretos. O arrendamento foi rateado entre todas as culturas, ficando o custo referente a este item em R\$ 142,40 para cada cultura. Porém, conforme contrato o produtor paga este valor somente ao fim de cada safra de soja, considerando 15 sacas do produto por hectare alugado.

Nos custos indiretos foram observados os itens contidos na seção 4.3.2, onde considerou-se custos de manutenção, depreciação, combustíveis, impostos sobre a propriedade territorial rural, contribuição sindical e custos com energia elétrica. Os demais custos, o Imposto Territorial Rural (ITR), pagou-se no último ano a importância de R\$ 96,00 pelos 64 hectares de terra que são próprios. Da mesma forma a contribuição sindical foi de R\$ 460,00. O custo de energia elétrica considerou equipamentos que usam energia elétrica e estão envolvidos no processo produtivo.

Tratando-se ainda de custos indiretos, anteriormente à semeadura de milho, é necessário cobrir a lavoura com nabo combinado a aveia branca, para possibilitar recuperação e maior proteção ao solo. Assim, nos custos indiretos na cultura de milho estão inseridos também, o custo com a semeadura recém citada. Por conta disso, o custo indireto se mostrou maior para a cultura de milho com R\$ 673,65.

Ainda de acordo com o exposto na tabela 6, averigua-se custos com juros referentes a financiamento da lavoura e custos diretos, que retratam insumos evidenciados na seção 4.3.1, ficando o milho novamente com maior custo com R\$ 1.708,37. O custo direto do trigo, porém, apresenta-se diferenciado, devido à baixa produtividade do grão na safra 2017/2018. Devido a este ocorrido, é preciso explanar aqui os valores reais do custo, bem como receita que o trigo gerou no último ano agrícola, para que a ferramenta de pesquisa operacional seja eficaz e retrate a realidade da propriedade rural.

Segundo o MAPA (2017), o trigo é classificado em três tipos de acordo com seu peso hectolítrico (pH). Isso, por sua vez define o fim para que o grão será comercializado. Na safra de 2017/2018 na propriedade em estudo, o pH do trigo não alcançou o valor mínimo, necessitando-se acionar o seguro agrícola cujos valores estão representados a seguir na figura 9.

Figura 9 - Demonstrativo de valores referentes ao seguro agrícola da cultura do trigo safra 2017/2018

Valor Financiado (R\$/ha)	Custo direto do trigo (R\$/ha)	Valor pago após seguro (R\$/ha)
R\$ 625,00	R\$ 929,27	R\$ 589,27

Fonte: O autor, 2018

Todo agricultor devidamente cadastrado no Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar tem a sua disposição financiamentos com juros diferenciados, destinado à compra de insumos para semeadura da cultura desejada. Desta forma, o agricultor financiou sua lavoura em R\$ 625,00 por hectare. O produtor deveria, portanto, pagar dentro de uma safra normal o valor financiado acrescido de juros, que no último ano foram contabilizados em 5,5% ao ano. Se a produtividade do trigo for afetada, o agricultor pode acionar um seguro, onde são avaliadas perdas, possibilitando-o a ressarcir a instituição financiadora apenas uma

porcentagem do valor total financiado, onde o restante será pago pelo governo. Como no ano agrícola de 2017/2018 a produtividade do trigo foi comprometida, o seguro agrícola foi acionado após o técnico constatar que o trigo não renderia o desejado, devido a fortes chuvas no período da colheita.

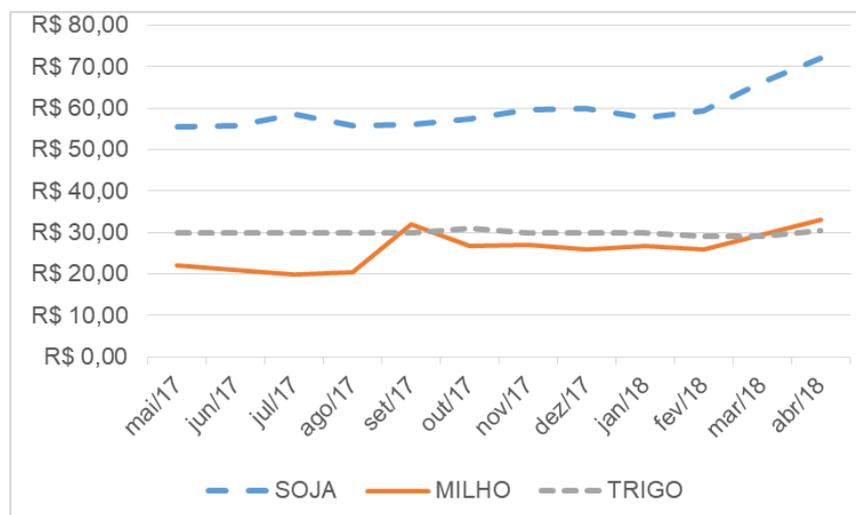
A avaliação do técnico apurou a produtividade do trigo em 15 sacas por hectare, classificando-o, em triguilho, comercializado na época a R\$ 19,00 a saca. Como regra o produtor paga somente este valor, ou seja, foi pago somente R\$ 285,00 do montante do aporte por hectare. Isso, por sua vez justifica a diminuição do custo direto do trigo de R\$ 929,27 para R\$ 589,27.

A explanação acima refere-se apenas ao trigo, pois para milho e soja safra não houve acionamento de seguro, onde foram considerados apenas juros do financiamento agrícola. Para a soja safrinha o governo não disponibiliza tal subsídio, uma vez que a Companhia Nacional de Abastecimento não a reconhece como safra oficial.

4.4 APURAÇÃO DA MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO DE CADA CULTURA

Nesta seção, para apuração da margem de contribuição, partiu-se do preço regional de comercialização dos produtos. Assim, pesquisou-se dados de uma empresa reguladora onde foram registrados em planilha do *Excel* os preços diários, através de histórico. Os resultados são uma média mensal, dos últimos doze meses do ano agrícola 2017/2018, conforme discriminado na figura 10.

Figura 10 - Preço médio das culturas nos últimos doze meses do ano agrícola 2017/2018



Fonte: O autor, 2018

Consoante ao indicado na figura 10, os preços de milho e soja variam mais nos doze meses, se comparado ao trigo, neste mesmo período. Assim, o preço do trigo apresentou uma média de R\$ 29,92 e o preço da cultura de milho ficou com a média de R\$ 25,86. Para a soja, o preço médio de R\$59,50 adequou-se para a comercialização tanto da soja safra como soja safrinha. Desta forma, foi possível determinar a margem de contribuição de cada cultura que está representado na tabela 6.

Tabela 6 - Margem de contribuição de cada cultura

Cultura	Produção (sacas/ha)	Preço médio(R\$/saca)	Receita Bruta (R\$/ha)	Custo total(R\$/ha)	Margem de contribuição(R\$/ha)
Trigo	45	R\$ 29,92	R\$ 1.346,39	R\$ 1.201,24	R\$ 145,15
Milho	157	R\$ 25,86	R\$ 4.066,90	R\$ 2.628,97	R\$ 1.437,93
Soja safra	63	R\$ 59,50	R\$ 3.731,83	R\$ 1.910,44	R\$ 1.821,39
Soja safrinha	36	R\$ 59,50	R\$ 2.141,99	R\$ 1.432,38	R\$ 709,61

Fonte: O autor, 2018

Ao observarmos a tabela 6, tem-se a margem de contribuição de cada cultura por hectare. Para chegar neste, foi necessário calcular a receita bruta com base no preço médio de comercialização dos produtos nos últimos doze meses, bem como a produtividade média em sacas da propriedade, durante os três últimos anos agrícolas. Na receita foi descontado também o imposto Funrural, que é destinado a contribuição previdenciária do agricultor, com o valor de 1,5% do valor total vendido.

Com isso, verifica-se que o trigo apresentou a menor margem de contribuição R\$145,15, seguido da soja safrinha que, além de seu baixo custo, não atinge boa produtividade o que reflete em uma baixa margem de contribuição de R\$ 709,61 a cada hectare colhido. A cultura de milho apontou a segunda maior margem de contribuição com R\$ 1.437,93 enquanto a cultura destaque, a soja safra coopera com R\$ 1.821,39 por hectare na receita total no último ano agrícola.

Apesar da apresentação da margem de contribuição se mostrar como uma boa base para tomada de decisão, acaba não considerando recursos e restrições que poderiam contribuir ainda mais para o aumento da margem de contribuição.

Com relação a tomada de decisão acerca de qual cultura irá cultivar, o agricultor observa o preço comercial dos produtos no último ano considerando a tendência para os meses seguintes, o custo por hectare de cada cultura e a facilidade de entrega dos produtos a granel. Contudo, não se tem certeza se a

distribuição das culturas é ideal, ou se alterando a produção consegue-se maximizar o lucro. Assim, a programação linear irá auxiliar o produtor na tomada de decisão.

4.5 APLICAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR

Para gerar resultados mais assertivos ao produtor rural, foi elaborado um modelo matemático, otimizando a produção. Desta forma, procurou-se maximizar a margem de contribuição de cada cultura respeitando um processo produtivo indicado por um engenheiro agrônomo. Assim, o modelo matemático abordou a função objetivo, variáveis de decisão e restrições.

4.5.1 Função Objetivo

A função objetivo, no presente estudo, demonstra os melhores resultados referentes a margem de contribuição de cada uma das culturas produzidas na propriedade. Por meio da função objetivo é possível ter melhor aproveitamento dos recursos disponíveis pelo agricultor. Nesta pesquisa, foram consideradas as culturas de trigo, milho, soja safra e soja safrinha, cuja função objetivo foi definida, estando apresentada na figura 11.

Figura 11 - Variáveis de decisão do modelo matemático

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

Fonte: O autor, 2018

As variáveis, por sua vez, representam as culturas a serem produzidas, respeitando a quantidade de hectares disponíveis na propriedade. Uma vez que, as variáveis de decisão foram estabelecidas, conforme está explicitado na figura 10, pode-se dar seguimento a modelagem matemática. Os coeficientes da função objetivo configuram-se com a lucratividade de cada cultura, descritos da seguinte forma:

$$Z_{MAX} = 145,15 X_1 + 1.437,93 X_2 + 1.821,39 X_3 + 709,61 X_4$$

A equação demonstra que, no caso da propriedade rural, buscou-se maximizar a função objetivo, que é a margem de contribuição das culturas, obtendo o valor máximo da mesma, utilizando os mesmos recursos.

4.5.2 Restrições do Modelo Matemático

As restrições em um modelo matemático, são as preferências da função que objetivasse otimizar. As restrições para a propriedade traduzem-se em insumos necessários para a produção de cada hectare das culturas de trigo, milho, soja safra e soja safrinha. Também deve-se considerar a área disponível para o plantio, sendo uma restrição adicional, além de restrições de decisão contingente e combinadas. A tabela 7, mostra todas as restrições para o processo produtivo de cada uma das quatro culturas.

Tabela 7 - Restrições do modelo matemático

Restrição	Trigo	Milho	Soja safra	Soja safrinha	Disponibilidade		
Herbicida 1	0,11	0	0	0	≤	9,96 (1)	
Herbicida 2	2	4	4	2,10	≤	1137,40 (2)	
Fungicida	0,44	0,3	0,56	1,20	≤	235 (3)	
Inseticida 1	0,20	0	0,49	1,00	≤	159 (4)	
Inseticida 2	0	0	0	1	≤	94 (5)	
Óleo adjuvante	2	0,6	1,4	1,25	≤	494 (6)	
Adubo Mistura	200	350	350	325	≤	115150 (7)	
Nitrogênio de cobertura	150	400	0	0,00	≤	51700 (8)	
Adubo foliar	0	0	0,10	0	≤	9,40 (9)	
Tratamento para semente	0,25	0,25	0,10	0,10	≤	65,80 (10)	
Lubrificante para semente	0,14	0,14	0,14	0,14	≤	52,64 (11)	
Cloreto de potássio	0	0	100	0	≤	9400 (12)	
Semente trigo	140	0	0	0	≤	13160 (13)	
Semente milho	0	30	0	0	≤	2820 (14)	
Semente soja safra	0	0	56,25	0	≤	5287,50 (15)	
Semente soja safrinha	0	0	0	51,25	≤	4817,50 (16)	
Milho+trigo	1	1	0	0	≤	94 (17)	
Soja +soja safrinha	0	0	1	1	≤	94 (18)	
Não negatividade	X1	;	X2	;	X3	;	X4 ≥ 0 (19)

Fonte: O autor,2018

A tabela 7 exhibe todas as equações das restrições do modelo matemático, onde a restrição ao lado esquerdo, é apresentada para cada cultura exatamente na quantidade em que foi necessária na última safra. As restrições estão também relacionadas as identidades matemáticas, que discorrem as equações de igualdade apresentadas na disponibilidade. A disponibilidade, por sua vez, foi calculada com

base no que foi utilizado multiplicado pelo total de hectares disponíveis, pois assim entende-se que o modelo matemático não pode induzir a resultados ou seja, as restrições não são limitantes para produzir-se as culturas. Desta forma, é possível apresentar ao produtor a melhor distribuição das culturas, visando a maximização da margem de contribuição, onde será orientado ao agricultor, a adquirir os insumos necessários para a produção ótima. Verifica-se também, que em alguns casos o consumo de determinado insumo é zero, entendendo-se, portanto, que para aquela cultura o insumo agrícola não é utilizado.

Assim, nas equações de 1 a 6 estão representados os defensivos agrícolas que foram utilizados com o intuito de preservar a planta, evitando danos à mesma. A equação 7, no entanto, corresponde a adubação utilizada na hora da semeadura de todas as culturas. Para suprir as necessidades das plantas e aumentar a produtividade foram utilizados os valores indicados nas equações 8, 9 e 12. E, para compor a fase de semeadura em todas as culturas foram consideradas tratamento de semente e sua lubrificação, representadas no modelo pelas equações 10 e 11, respectivamente. A quantidade de semente utilizada para as culturas também foi inclusa e demonstrada através das equações 13 a 16.

Na agricultura existem algumas regras que devem ser seguidas, seja para garantir maior produtividade ou respeitar e preservar o solo. Para tanto, foi necessário considerar no modelo, as culturas que são semeadas em áreas diferentes, porém no mesmo período. Assim o milho e o trigo precisam ser semeados combinados, bem como a soja safra e safrinha, sendo representados pelas equações 17 e 18. A equação 19 por sua vez, mostra a restrição em que todas as células variáveis, ou seja, os hectares a serem cultivados devem assumir um valor maior ou igual a zero.

4.5.3 Resolução do modelo matemático

Com o modelo matemático já construído, nomeou-se as células variáveis que indicarão o número de hectares a ser cultivado para cada cultura, a função objetivo e as restrições, resultando na tela mostrada na figura 12.

Figura 12 - Dados inseridos no Solver

Variáveis	X1	X2	X3	X4	Margem de Contribuição
Maximizar Z	R\$ 145,15	R\$ 1.437,93	R\$ 1.821,39	R\$ 709,61	
Celulas Variáveis	0	94	94	0	R\$ 306.375,66

Sujeito a :

Restrição	Trigo	Milho	Soja safra	Soja safrinha	Utilizado		Disponibilidade
Herbicida 1	0,11	0	0	0	0	≤	9,96
Herbicida 2	2	4	4	2,10	752,00	≤	1137,40
Fungicida	0,44	0,3	0,56	1,20	80,84	≤	235
Inseticida 1	0,20	0	0,49	1,00	46,06	≤	159
Inseticida 2	0	0	0	1	0,00	≤	94
Óleo adjuvante	2	0,6	1,4	1,25	188,00	≤	494
Adubo Mistura	200	350	350	325	65800	≤	115150
Nitrogênio de cobertura	150	400	0	0,00	37600	≤	51700
Adubo foliar	0	0	0,10	0	9,40	≤	9,40
Tratamento para semente	0,25	0,25	0,10	0,10	32,90	≤	65,80
Lubrificante para semente	0,14	0,14	0,14	0,14	26,32	≤	52,64
Cloreto de potássio	0	0	100	0	9400	≤	9400
Semente trigo	140	0	0	0	0	≤	13160
Semente milho	0	30	0	0	2820	≤	2820
Semente soja safra	0	0	56,25	0	5288	≤	5287,50
Semente soja safrinha	0	0	0	51,25	0	≤	4817,50
Milho+trigo	1	1	0	0	94	≤	94
Soja +soja safrinha	0	0	1	1	94	≤	94
Não negatividade	X1	; X2	; X3	; X4	0	≥	0

Fonte: O autor,2018

Na modelagem original que pode ser observada na figura 12, as restrições estão ao lado esquerdo da figura. O valor correspondente as células de utilizado foram descobertos através da função SOMARPRODUTO do *Excel*, após a resolução do modelo matemático por meio do suplemento *Solver* do *Excel*. As identidades matemáticas, ou seja, sinais de maior ou igual (\geq), menor ou igual (\leq) ou mesmo igual ($=$) denotam quais valores as restrições devem assumir de acordo com a disponibilidade. A função objetivo presente na parte superior retrata a margem de contribuição de cada cultura, sendo elas X_1 (trigo), X_2 (milho), X_3 (soja safra) e X_4 (soja safrinha).

Com a definição do modelo matemático, utilizou-se a função solver a fim de encontrar a solução ótima, traduzida como aquela que irá maximizar a margem de contribuição total conforme observa-se na figura 13.

Figura 13 - Parâmetros utilizados no software *Microsoft Excel* na função *Solver*

Parâmetros do Solver

Definir Objetivo:

Para: Máx. Mín. Valor de:

Alterando Células Variáveis:

Sujeito às Restrições:

Tornar Variáveis Irrestritas Não Negativas

Selecionar um Método de

Método de Solução

Selecione o mecanismo GRG Não Linear para Problemas do Solver suaves e não lineares.
 Selecione o mecanismo LP Simplex para Problemas do Solver lineares. Selecione o mecanismo Evolutionary para problemas do Solver não suaves.

Ajuda Resolver Fechar

Fonte: O autor, 2018

Os parâmetros definidos no *Solver* dizem respeito a definição do objetivo que no presente estudo é a margem de contribuição. A seguir, selecionou-se a maximização da célula objetivo, bem como as células que serão variáveis. O modelo também está sujeito as restrições anteriormente demonstradas. As restrições por sua vez, necessitam ser divididas de acordo com sua identidade matemática. A seguir é necessário selecionar a caixa que torna as variáveis não negativas. Antes de resolver o modelo é importante selecionar o método *LP Simplex*, um mecanismo que resolve os problemas lineares.

Após a aplicação do solver, pode-se acompanhar na figura 12, o campo das células variáveis cujos valores por elas assumidos será a quantidade de hectares que a cultura correspondente deverá assumir para alcançar a máxima margem de contribuição. Se considerarmos o exposto na figura 12, pode-se concluir que devem

ser produzidos 94 hectares de milho e 94 hectares de soja, alcançando uma margem de contribuição de R\$ 331.665,05, para um ano agrícola.

Embora a margem de contribuição tenha apresentado um valor expressivo, torna-se inviável produzir o indicado pois não respeita a rotação de culturas, o que acaba também por não obedecer aos períodos de plantio ou zoneamento agrícola. A rotação de culturas consiste em alternar espécies de plantas em uma mesma área e contribui significativamente para a recuperação do solo, visto que repõe os principais nutrientes que o mesmo necessita. Se em uma mesma área forem cultivados sempre a mesma planta, em poucos anos a produtividade cairá drasticamente a ponto de que não seja viável produzi-la. Além disso, quando não é respeitado a rotação de culturas e nem o zoneamento agrícola, o produtor não consegue financiamentos para compra de insumos, por exemplo.

Para garantir que o solo seja sempre produtivo, tornou-se oportuno a inclusão de mais algumas restrições ao modelo além das contidas na figura 12. As novas restrições conjuntamente com um novo modelo podem ser acompanhadas na figura 14.

Figura 14 - Modelo matemático para solução ótima

Variáveis	X1	X2	X3	X4	Margem de Contribuição
Maximizar Z	R\$ 145,15	R\$ 1.437,93	R\$ 1.821,39	R\$ 709,61	
Celulas Variáveis	30	64	30	64	R\$ 196.438,37

Sujeito a :

Restrição	Trigo	Milho	Soja safra	Soja safrinha	Utilizado	Disponibilidade					
Herbicida 1	0,11	0	0	0	3,18	≤	9,96 (1)				
Herbicida 2	2	4	4	2,10	570,40	≤	1137,40 (2)				
Fungicida	0,44	0,3	0,56	1,20	126,00	≤	235 (3)				
Inseticida 1	0,20	0	0,49	1,00	84,70	≤	159 (4)				
Inseticida 2	0	0	0	1	64,00	≤	94 (5)				
Óleo adjuvante	2	0,6	1,4	1,25	220,40	≤	494 (6)				
Adubo Mistura	200	350	350	325	59700	≤	115150 (7)				
Nitrogênio de cobertura	150	400	0	0,00	30100	≤	51700 (8)				
Adubo foliar	0	0	0,10	0	3,00	≤	9,40 (9)				
Tratamento para semente	0,25	0,25	0,10	0,10	32,90	≤	65,80 (10)				
Lubrificante para semente	0,14	0,14	0,14	0,14	26,32	≤	52,64 (11)				
Cloreto de potássio	0	0	100	0	3000	≤	9400 (12)				
Semente trigo	140	0	0	0	4200	≤	13160 (13)				
Semente milho	0	30	0	0	1920	≤	2820 (14)				
Semente soja safra	0	0	56,25	0	1688	≤	5287,50 (15)				
Semente soja safrinha	0	0	0	51,25	3280	≤	4817,50 (16)				
Milho+trigo	1	1	0	0	94	≤	94 (17)				
Soja +soja safrinha	0	0	1	1	94	≤	94 (18)				
Produção mínima de soja	0	0	1	0	30	≥	30 (19)				
Decisão contingente	0	-1	0	1	0	=	0 (20)				
Não negatividade	X1	;	X2	;	X3	;	X4	0	≥	0	(21)

Fonte: O autor, 2018

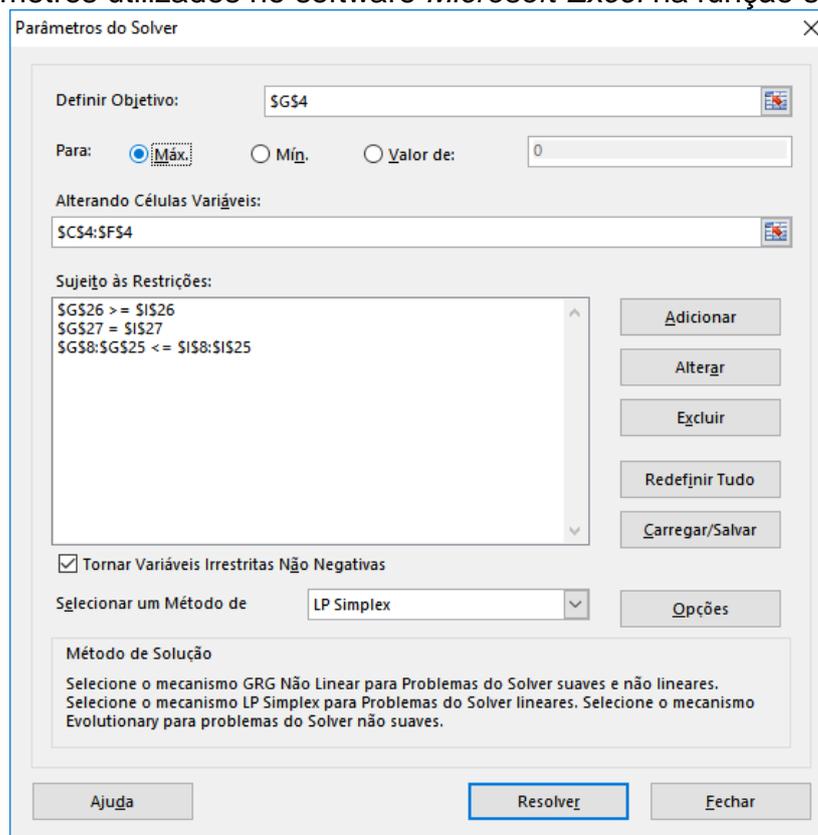
A restrição adicionada corresponde as equações 19 e 20. Primeiramente, o agricultor manifestou o interesse em manter a cultura de soja em no mínimo 30 hectares, pois acredita que sua palhada contribua para a qualidade do solo. Outro interesse do agricultor resultou na utilização de decisões contingentes. As decisões contingentes, conforme Hillier e Lieberman (2013), ou como são mais conhecidas na pesquisa operacional, são as decisões *sim-ou-não*, que, dependem das anteriores para se tornarem verdadeiras. Para tanto, justifica-se o emprego da equação 20, decisão contingente expressada pela equação a seguir:

$$\begin{aligned} X_4 &= X_2 \\ -X_2 &= X_4 \end{aligned}$$

Diante do exposto, interpreta-se que o “X” é a variável de decisão, ou seja, os hectares que cada cultura assumirá. Na fórmula anteriormente exposta a decisão contingente remete que o milho não poderá diferenciar-se em números de hectares cultivados de sua cultura sucessora, a soja safrinha. A escolha, conforme justificado foi do produtor rural, sendo transformada, portanto na decisão contingente, uma vez que prefere preencher toda a área agricultável ao deixá-la sem cobertura vegetal. A restrição de não negatividade identificada como equação 21, é obrigatória em todo modelo de programação, indicando que todas as variáveis devem assumir um valor igual ou maior que zero.

Com o modelo matemático restruturado de modo a garantir que a rotação de culturas se suceda, realizou-se uma nova parametrização representada na figura 15 onde tem-se os dados do problema aplicados a ferramenta *Solver*, mostrando como foi alcançada a maximização da função objetivo no software *Microsoft Excel*.

Figura 15 - Parâmetros utilizados no software *Microsoft Excel* na função solver



Fonte: O autor,2018

Conforme a figura 15 apresenta foram adicionadas duas novas restrições que podem ser visualizadas no campo de restrições. Entre as restrições adicionadas está o desejo do produtor em cultivar no mínimo 30 hectares de soja para respeitar também a rotação de culturas. Outra restrição presente e adicionada na figura 15 está a decisão contingente, onde a mesma é traduzida em cultivar a mesma quantidade de hectares de milho e soja safrinha.

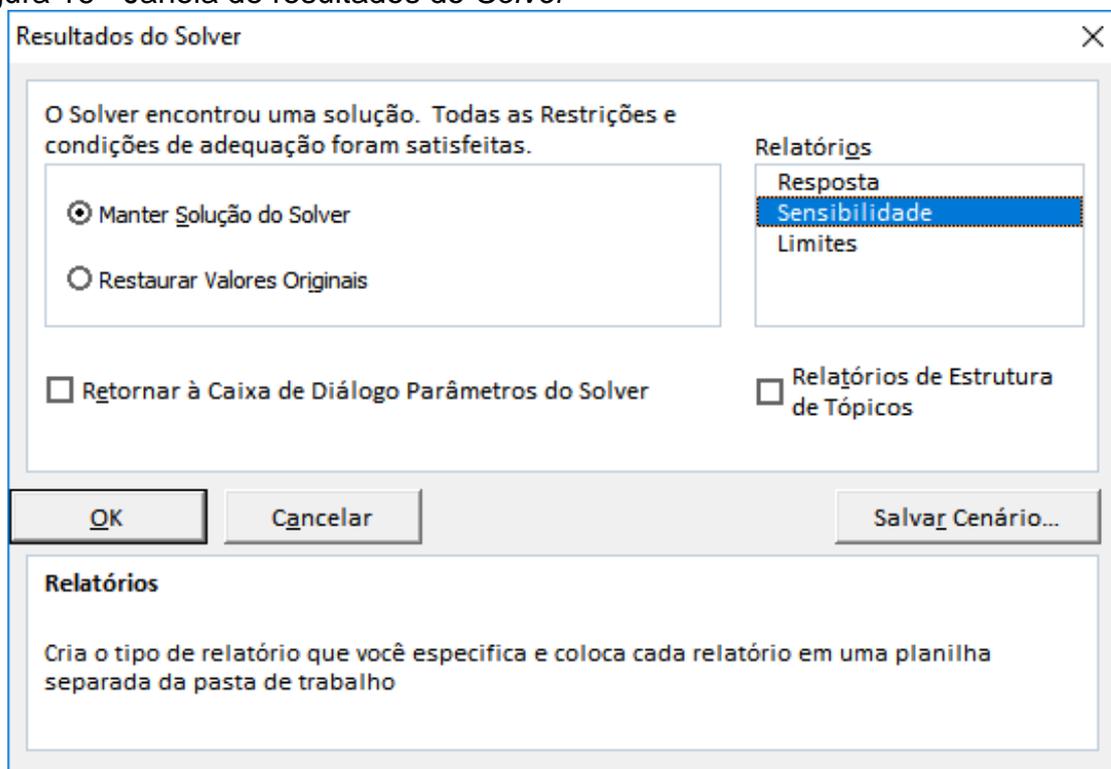
Para finalizar esta seção, depois de inserir os dados no *Solver*, é possível gerar relatórios capazes de realizar análises para a tomada de decisão.

4.5.3.1 Análise de Sensibilidade

Após o *Excel* realizar o cálculo, os únicos resultados que podem ser interpretados diretamente na planilha, são os valores das células variáveis ou seja, o número de hectares que devem ser cultivados a fim de maximizar o lucro e por consequência, qual é a margem de contribuição que a produção indicada geraria. Para gerar resultados que poderão contribuir na tomada de decisão após clicar no

botão resolver, que pode ser visualizado na figura 15 seleciona-se também o relatório de sensibilidade, de acordo com o exposto na figura 16.

Figura 16 - Janela de resultados do *Solver*



Fonte: O autor, 2018

A análise de sensibilidade é um relatório gerado em uma planilha do *Excel*, que, segundo Stacanelli (2015), fornece o valor final de cada célula de restrição, seu custo reduzido, o coeficiente da função objetivo, o acréscimo e o decréscimo do coeficiente da função objetivo para o qual a solução atual permanecerá ótima. Para o estudo em questão o relatório de sensibilidade gerado é demonstrado na figura 17.

Figura 17 - Relatório de Sensibilidade gerado pelo Solver

Células Variáveis						
Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objetivo Coeficiente	Permitido Aumentar	Permitido Reduzir
\$C\$4	Trigo	30	0	145,15	181,00	1E+30
\$D\$4	Milho	64	0	1437,93	1E+30	181,00
\$E\$4	Soja safra	30	0	1821,39	181,00	1821,39
\$F\$4	Soja safrinha	64	0	709,61	1E+30	181,00

Restrições						
Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permitido Aumentar	Permitido Reduzir
\$G\$26	Produção mínima de trigo	30	-181,00	30	64	30
\$G\$28	Decisão contingente	0	-1111,78	0	30	64
\$G\$8	Herbicida 1	3,18	0	9,96	1E+30	6,78
\$G\$9	Herbicida 2	570,40	0	1137,40	1E+30	567
\$G\$10	Fungicida	126	0	235	1E+30	109
\$G\$11	Inseticida 1	84,70	0	158,86	1E+30	74,16
\$G\$12	Inseticida 2	64	0	94	1E+30	30
\$G\$13	Oléo adjunvante	220,40	0	493,50	1E+30	273,10
\$G\$14	Adubo Mistura	59700	0	115150	1E+30	55450
\$G\$15	Nitrogênio de cobertura	30100	0	51700	1E+30	21600
\$G\$16	Adubo foliar	3	0	9,40	1E+30	6,40
\$G\$17	Tratamento para semente	32,90	0	65,80	1E+30	32,90
\$G\$18	Lubrificante para semente	26,32	0	52,64	1E+30	26,32
\$G\$19	Cloreto de potássio	3000	0	9400	1E+30	6400
\$G\$20	Semente trigo	4200	0	13160	1E+30	8960
\$G\$21	Semente milho	1920	0	2820	1E+30	900
\$G\$22	Semente soja safra	1687,50	0	5287,50	1E+30	3600
\$G\$23	Semente soja safrinha	3280	0	4817,50	1E+30	1537,50
\$G\$24	Milho+trigo	94	326,15	94	30	64
\$G\$25	Soja +soja safrinha	94	1821,39	94	64	30

Fonte: O autor, 2018

O relatório de sensibilidade garante uma maior base para a tomada de decisão, onde na sua primeira parte pode-se verificar que a coluna final valor representa o número de hectares que devem produzidos para cada uma das quatro culturas. Assim, devem ser cultivados 30 hectares de trigo e soja safra, enquanto devido à restrição da decisão contingente, o número de hectares de milho e soja safrinha a ser cultivados é de 64, totalizando os 94 hectares que o produtor tem a seu dispor. A coluna do custo reduzido não remete valores por conta de que não houve cultura que não é viável produzir.

Na coluna nomeada como objetivo coeficiente é apresentada a margem de contribuição que o produtor obterá ao produzir um hectare de cada cultura. O trigo

apresenta uma margem de contribuição de R\$ 145,15, o milho R\$ 1.437,93, a soja R\$ 1.821,21 e a soja safrinha 709,61. Ainda na primeira parte, as colunas de permitido aumentar e permitindo reduzir dizem respeito ao quanto é permitido aumentar ou reduzir da margem de contribuição sem alterar o número de hectares de cada cultura.

Na segunda parte do relatório são apresentadas as variáveis referentes as restrições. O “Final Valor” representa quanto é necessário utilizar de cada restrição, servindo de base também para a programação da necessidade de cada insumo para as culturas. O “Sombra Preço”, fator determinante para a tomada de decisão, exhibe a margem de contribuição que pode ser acrescida caso o produtor adquira um hectare a mais para plantio. Assim, se o produtor adquirir um hectare a mais para plantio de milho e trigo será acrescido à margem de contribuição um valor de R\$ 326,15, e, um valor de R\$ 1.821,39 se cultivar um hectare a mais de soja safra e safrinha. Porém, atualmente o produtor não possui nenhuma unidade de terra que não esteja sendo ocupada, mas serve de base caso queira ampliar sua produção. Além disso, o “Sombra Preço” também avalia que para cada hectare de trigo cultivado a margem de contribuição total reduz em R\$ 181,00 e para cada combinação de trigo e soja safra reduz-se a margem de contribuição em R\$ 1.111,78.

O relatório de sensibilidade evidencia também, “Restrição Lateral R.H” onde traduz-se na disponibilidade de cada restrição. Nesta segunda parte do relatório em que a coluna está nomeada como “Permitido Aumentar” e “Permitido Reduzir” é indicado o quanto o produtor pode aumentar ou diminuir do recurso, ou de sua restrição sem que haja alteração nas demais. Se a restrição for aumentada ou diminuída, ocorrerá por consequência o acréscimo ou redução da margem de contribuição por hectare. Isso, por sua vez, sucede-se apenas para aquelas restrições onde o preço sombra é maior do que zero, ou seja, quando todo o recurso é utilizado.

4.5.4 Comparativo entre a situação atual com a apresentada pelo modelo matemático

O modelo matemático trouxe resultados diferentes para a quantidade de hectares a ser produzida, se comparado ao que o produtor empregou na safra 2017/2018. Outra diferença apontada pelo modelo matemático, é a margem de contribuição total referente a produção dos 94 hectares. A tabela 08, possibilita a melhor visualização das alterações entre os resultados apurados na última safra e o que é considerado ideal pelo modelo matemático.

Tabela 8 - Dados comparativos entre o número de hectares atual e o ideal

Cultura	Resultado produção atual		Resultado produção ideal		Diferença	
	Hectares	Margem de contribuição (R\$/cultura)	Hectares	Margem de contribuição (R\$/cultura)	Hectares	Margem de contribuição (R\$/cultura)
Trigo	32	R\$ 4.644,68	30	R\$ 4.354,50	-2	-R\$ 290,18
Milho	57	R\$ 81.961,91	64	R\$ 92.027,52	7	R\$ 10.065,61
Soja safra	37	R\$ 67.391,33	30	R\$ 54.641,70	-7	-R\$ 12.749,63
Soja safrinha	57	R\$ 40.447,70	64	R\$ 45.415,04	7	R\$ 4.967,34
Total		R\$ 194.445,61		R\$ 196.438,76		R\$ 1.993,15

Fonte: O autor, 2018

De acordo com o que é apresentado na tabela 08, pode-se verificar um aumento na margem de contribuição da produção ideal de cerca de 1% em relação ao processo produtivo atual. Para que esta diferença na margem de contribuição se concretize é importante que o número de hectares de trigo diminua de 32 hectares para 30, ocasionando uma alteração de R\$ 290,18.

Para a produção de milho também se tem a alteração de hectares a serem cultivados e conseqüentemente da margem de contribuição. Para que o milho alcance uma margem de contribuição de R\$ 92.027,52 é preciso que os hectares a serem plantados passem de 57 para 64. Já para a soja, os hectares teriam que diminuir de 37 para 30. É interessante notar que a soja safra traz uma margem de contribuição alta para o produtor, porém como o plantio ocorre na mesma área que o trigo a margem de contribuição é decrescida em torno de 18%.

Por outro lado, se ao invés de plantar os 57 hectares de soja safrinha fosse plantado 64 hectares, o produtor alcançaria uma margem de contribuição de pouco mais de 12% se comparada a produção de 2017/2018. Os resultados finais para as quatro culturas durante um ano agrícola repercutiram em um aumento de R\$

194.445,61 para R\$ 196.438,76 considerando que o produtor ocupe a área total que tem disponível. Este aumento de 1,03% mostra-se significativo ao longo do ano agrícola, porém se o produtor considerar o modelo matemático e inserir uma nova cultura deixando de lado aquela que se mostrou menos lucrativa, poderá tomar uma melhor decisão para um próximo ano agrícola.

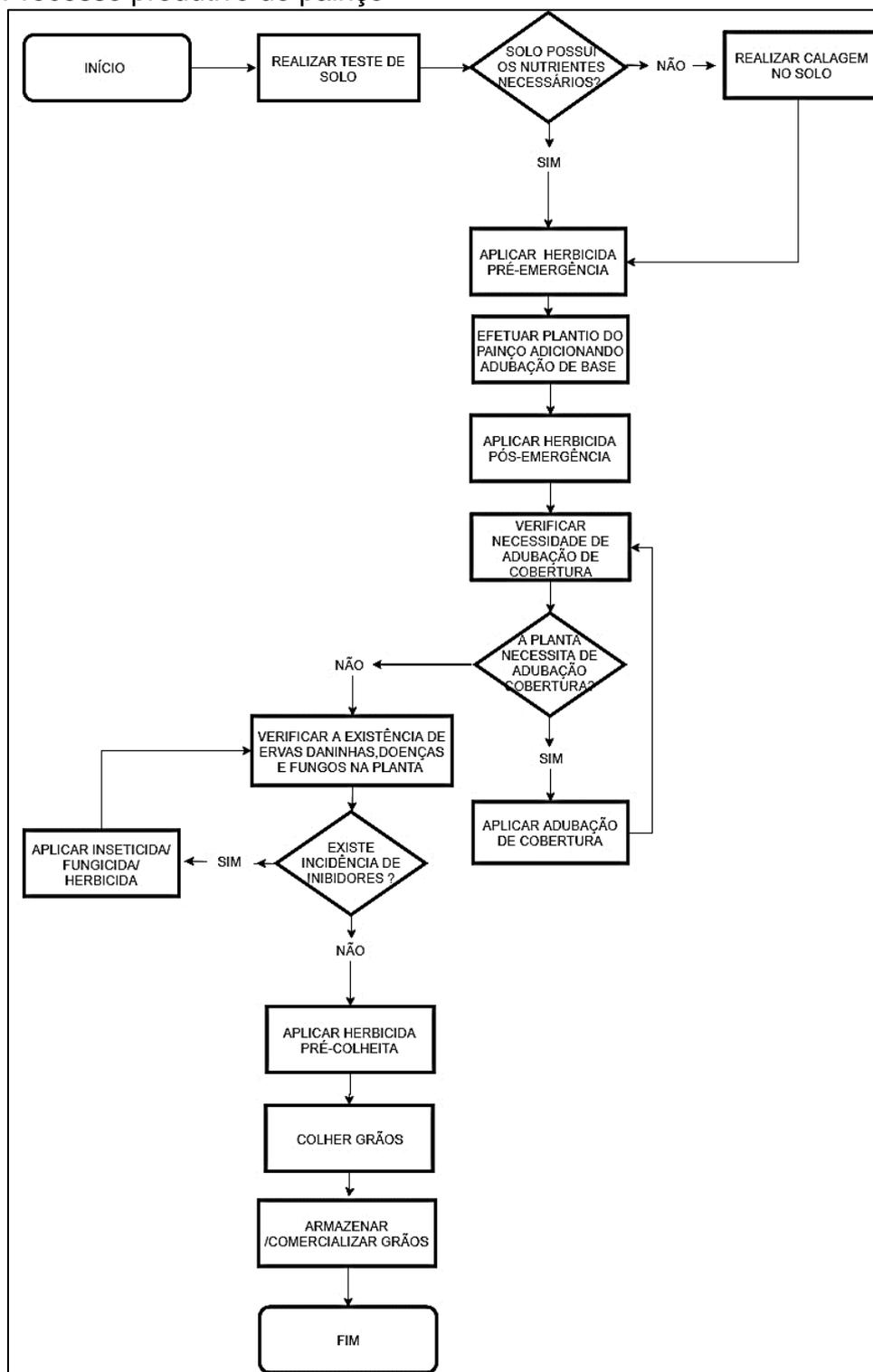
4.5.5 Modelagem matemática com inclusão de outra cultura

Os resultados que foram demonstrados após a modelagem matemática são importantes, mas se o agricultor decidir em produzir o indicado após a aplicação da pesquisa operacional, deixará de produzir 7 hectares de soja, cuja margem de contribuição é significativa. Portanto, combinar culturas que tem a margem de contribuição elevada pode otimizar ainda mais os resultados.

Diante disso, procurou-se realizar a proposta de inclusão do painço e, por consequência deixar de produzir aquela cultura com menor margem de contribuição, que no último ano agrícola foi o trigo. A escolha do painço deu-se pela alta produtividade que apresentou nos últimos três anos no noroeste do estado do Rio Grande do Sul, que segundo dados da EMATER, foram cerca de 40 sacas por hectare, comercializado a um preço médio de R\$80,00 a saca. O baixo custo envolvido também foi fator determinante para realizar a simulação da inclusão do painço.

Para realizar a modelagem com a inclusão do painço necessitou-se proceder entrevista com engenheiro agrônomo para entendimento do ciclo do painço, ou seja, do processo produtivo da cultura que está representado na figura 18.

Figura 18 - Processo produtivo do painço



Fonte: O autor, 2018

A figura 18 representa o processo produtivo do painço. Assim como em outras culturas, a primeira informação que o agricultor deve possuir é a quantidade de nutrientes que o solo possui, aplicando o mesmo, se necessário. A aplicação do

herbicida pré-emergencial é realizada cerca de 30 dias antes do plantio. O ciclo do painço tem seu início na segunda quinzena de agosto, onde é semeado com adubação de base para facilitar sua germinação bem como, o seu desenvolvimento.

A germinação da planta inicia cerca de 5 dias após a semeadura, desde que haja condições climáticas favoráveis. Após a semeadura é necessário sempre checar a presença de doenças, fungos ou ervas daninhas e assim, realizar o tratamento contra estas ameaças de produtividade. Ainda na fase de maturação, o painço pode precisar de aplicações de nitrogênio de cobertura, o que por sua vez melhorará seu desenvolvimento e por consequência a sua produtividade.

A floração da planta ocorre cerca de 30 a 50 dias após a germinação, e, tem seu ciclo completo de 70 a 85 dias posteriormente a semeadura. O ciclo do painço é muito menor se comparado ao trigo, o que por sua vez o possibilita a ser o substituto. Assim, em novembro o painço já pode ser colhido mecanicamente onde, também é levado para secagem e posterior comercialização.

Após entendimento do ciclo e de seu processo produtivo, as informações acerca da quantidade de insumos que o processo produtivo necessitará tornam-se essenciais. Compreendendo-se quais insumos serão envolvidos, discriminou-se os custos de produção diretos associados aos insumos, de acordo com tabela 9.

Tabela 9 - Custo direto por hectare para cultura de painço

Produtos/Insumos	Quantidade / ha	Unid.	Aplicações	Valor Unitário (R\$)	Custo/ha (R\$)
Herbicida pré-emergencial	1,50	lt	1	12,80	19,20
Semente	50	kg	1	2	100
Adubação de mistura	250	kg	1	1,37	342,50
Herbicida pós-emergencial	4	lt	1	14,70	58,80
Inseticida	0,25	lt	1	194,25	48,56
Óleo espalhante	0,15	lt	3	14,87	6,69
Nitrogênio de Cobertura	200	kg	1	1,33	266
Herbicida para dessecação	2	lt	1	44	88
Total					R\$ 841,75

Fonte: O autor, 2018

Os custos diretos são compostos por insumos e defensivos que contribuem para o bom desenvolvimento da planta. Desta forma, o engenheiro agrônomo recomenda o uso dos produtos descritos na tabela 8, onde antes do plantio é realizada uma aplicação de herbicida pré-emergencial de 1,5 litros sendo o custo estimado em torno de R\$19,20.

Quanto a fase do plantio, o engenheiro agrônomo prescreve que devem ser utilizadas 50 kg de semente e 250 kg de adubação para cada hectare, totalizando um valor de R\$ 442,50. Após a fase de semeadura ocorrem ainda uma aplicação de herbicida pós-emergencial e inseticida, para inibir ervas daninhas e pragas respectivamente, que somam o montante de R\$ 107,36 por hectare. Indica-se também que haja uma aplicação de nitrogênio, importante nutriente que poderá aumentar os índices de produtividade da planta. O valor desta aplicação por sua vez totaliza R\$266,00.

Além destes, o óleo espalhante é misturado a todas as aplicações de herbicida e inseticida com um custo de R\$ 6,69 para cada hectare em cada aplicação. Pouco antes do painço completar seu ciclo, pode-se realizar uma aplicação de herbicida que garante maturação uniforme da planta, facilitando a colheita. Nesta fase é de extrema importância observar o produto que será utilizado, pois o grão não pode ser alterado quimicamente. Para evitar problemas futuros a dessecação deve ocorrer em até uma semana antes da colheita, tempo em que o herbicida é eliminado do grão, garantindo assim boa qualidade. Para a dessecação pré-colheita estima-se um custo de R\$ 88,00 para cada hectare.

Se o agricultor aplicar todas as recomendações referenciados pelo engenheiro agrônomo, o custo por cada hectare que cultivar será refletido em R\$ 841,75. Conforme elaborado em outras culturas, o painço também tem custos indiretos, que se referem a depreciação, manutenção e combustíveis relativos a máquinas e implementos necessários. Além disso são considerados custos de juros, seguros e impostos que podem ser consultadas na tabela 5 do presente estudo.

Com base nos custos exibidos na tabela 5, foram estimados também o tempo em que cada máquina ou equipamento é empregado durante o processo produtivo do painço. Para que os custos totais possam ser edificados, associou-se custos diretos e indiretos, onde o resultado é expresso na tabela 10.

Tabela 10 - Custos indiretos estimados para produção de painço

Cultura	Arrendamento (R\$/ ha)	Custos indiretos (R\$/ ha)	Custos diretos (R\$/ ha)	Custo total (R\$/ ha)
Painço	R\$ 142,40	R\$ 498,28	R\$ 841,75	R\$ 1.493,04

Fonte: O autor, 2018

Ao que se observa na tabela 10, além de custos diretos e indiretos, um custo com arrendamento idêntico ao das culturas que o proprietário costuma produzir foi inserido. Assim considerou-se R\$ 142,40 pois em contrato a quantia de 15 sacas de soja, rateado em todas as culturas, é válida por cinco anos, justificando-se, portanto, o emprego do mesmo valor a formação dos custos.

Já os custos indiretos, referentes principalmente a máquinas e implementos são constituídos de energia elétrica, imposto sindical e imposto territorial rural, resultando em um custo de R\$ 498,28 por hectare. Para finalizar a formação dos custos totais para a cultura que será posteriormente considerada para um modelo matemático, estão os custos diretos que representam pouco mais de 56% dos custos totais de R\$ 1.493,04 por cada hectare em que o painço é cultivado.

Para que fosse possível a modelagem matemática com inclusão do painço, foi necessário também apurar a receita bruta da nova cultura, bem como a margem de contribuição apurada conforme tabela 11.

Tabela 11 - Apuração da margem de contribuição para a nova cultura de painço

Cultura	Produção (sacas/ha)	Preço médio (R\$/ha)	Receita Bruta	Custo total (R\$/ ha)	Margem de Contribuição (R\$/ ha)
Painço	40	80	R\$ 3.200,00	R\$ 1.493,04	R\$ 1.706,96

Fonte: O autor,2018

A cultura de painço teve sua produção estimada com base na produção dos últimos três anos no noroeste do estado do Rio Grande do Sul e com base no que foi divulgado pela EMATER. Assim, a produção média foi de 40 sacas por hectare, com um preço médio de R\$ 80,00 a saca, totalizando uma receita bruta de R\$ 3.200,00 para cada hectare colhido e vendido. Desta forma, a margem de contribuição do painço, quando descontados da receita todos os custos envolvidos, fica em R\$ 1.706,96 por hectare.

Para a determinação do modelo matemático é importante o conhecimento da margem de contribuição por hectare de todas as culturas que planejassem produzir durante um ano agrícola. Para tal, a tabela 12 mostra a margem de contribuição do último ano agrícola por hectare das culturas de milho, soja safra, soja safrinha e uma estimativa de margem de contribuição para a cultura, que será inserida no modelo para ser substituída do trigo.

Tabela 12 - Margem de contribuição das culturas que compõem o modelo matemático

Cultura	Produção (sacas/ha)	Preço médio (R\$/ha)	Receita Bruta(R\$/ ha)	Custo total (R\$/ ha)	Margem de Contribuição (R\$/ ha)
Painço	40	R\$ 80,00	R\$ 3.200,00	R\$ 1.493,04	R\$ 1.706,96
Milho	157	R\$ 25,86	R\$ 4.066,90	R\$ 2.628,97	R\$ 1.437,93
Soja safra	63	R\$ 59,50	R\$ 3.731,83	R\$ 1.910,44	R\$ 1.821,39
Soja safrinha	36	R\$ 59,50	R\$ 2.141,99	R\$ 1.432,38	R\$ 709,61

Fonte: O autor,2018

Na tabela 12, estão presentes os valores referentes a margem de contribuição de três culturas já produzidas pelo proprietário e substituindo a cultura de trigo, está a cultura de painço. Com a margem de contribuição do painço inserida na base para o modelo matemático original, é possível determinar as variáveis de decisão, bem como a nova função objetivo, descritas na figura 19.

Figura 19 - Variáveis de decisão e função objetivo do novo modelo matemático

X_i	Variáveis
X_1	Quantidade a ser produzida de painço
X_2	Quantidade a ser produzida de milho
X_3	Quantidade a ser produzida de soja safra
X_4	Quantidade a ser produzida de soja safrinha

Função objetivo

$$Z_{MAX} = 1.706,96 X_1 + 1.437,93 X_2 + 1.821,39 X_3 + 709,61 X_4$$

Fonte: O autor, 2018

Assim, como no modelo matemático anterior, o novo modelo necessita ter variáveis de decisão que representam as culturas durante um ano agrícola onde na figura 19 o X_1 representa a cultura inserida, o painço, X_2 é a cultura de milho, X_3 a

soja safra e X_4 a soja safrinha. Após definir as variáveis de decisão construiu-se a função objetivo, também representada na figura 19. A fim de maximizar a função objetivo, carregou-se as restrições com o adicional de insumos e defensivos que deveriam ser utilizados para a cultura de painço de forma que as restrições se mostram na figura 20.

Figura 20 - Restrições do modelo matemático com inclusão da cultura do painço

Restrição	Painço	Milho	Soja safra	Soja safrinha		Disponibilidade				
Herbicida	2,50	4	4	2,10	≤	1184,40	(1)			
Fungicida	0	0,30	0,56	1,20	≤	193,64	(2)			
Inseticida 01	0,25	0	0,49	1	≤	163,56	(3)			
Inseticida 02	0	0	0	1	≤	94	(4)			
Óleo Adjuvante	2	0,60	1,40	1,25	≤	493,50	(5)			
Adubo Mistura	250	350	350	325	≤	119850	(6)			
Nitrogênio de cobertura	200	400	0	0	≤	56400	(7)			
Adubo foliar	0	0	0,10	0	≤	9,40	(8)			
Tratamento para semente	0	0,25	0,10	0,10	≤	42,30	(9)			
Lubrificante para semente	0,14	0,14	0,14	0,14	≤	52,64	(10)			
Cloreto de Potássio	0	0	100	0	≤	9400	(11)			
Semente de painço	50	0	0	0	≤	4700	(12)			
Semente de milho	0	30	0	0	≤	2820	(13)			
Semente soja safra	0	0	56,25	0	≤	5287,50	(14)			
Semente soja safrinha	0	0	0	51,25	≤	4817,50	(15)			
Milho+painço	1	1	0	0	≤	94	(16)			
Soja +soja safrinha	0	0	1	1	≤	94	(17)			
Produção máxima painço	1	0	0	0	≥	40	(18)			
Decisão contingente	0	-1	0	1	=	0	(19)			
Não negatividade	X_1	;	X_2	;	X_3	;	X_4	≥	0	(20)

Fonte: O autor, 2018

As restrições contidas no modelo matemático com inclusão do painço mostram-se muito parecidas quanto a sua nomenclatura com o processo que contém a cultura de trigo, uma vez que o processo produtivo, insumos e defensivos não se alteram, somente quanto a quantidade que é utilizado. Assim as restrições de 01 a 15 são insumos necessários para o processo produtivo de todas as culturas, e que auxiliam a planta no seu crescimento, aumentando assim a produtividade da lavoura. As restrições 16 e 17 dizem respeito a época em que serão semeadas as culturas, sendo que o painço e o milho são cultivados em diferentes áreas de terra, mas em períodos similares. Isso ocorre também com a soja safra e safrinha.

Como o agricultor pretende, independentemente de quais culturas serão escolhidas, sempre ocupar toda a área disponível, e em todo ano agrícola plantar duas culturas em um mesmo período é necessário adicionar mais algumas

restrições. Desta forma fez-se o uso da decisão contingente que segue o mesmo princípio citado no tópico 4.2.3, conforme fórmula a seguir e que na figura 18 é representado pela 19ª equação.

$$X_4 = X_2$$

$$-X_2 = X_4$$

Diante da fórmula a soja safrinha assumida como X_4 deve ser cultivada na mesma área e igual número de hectares do milho assumido como X_2 . Além disso, o agricultor manifestou interesse na cultura de painço desde que não ocupe uma área maior que 40 hectares, pois quer continuar a produzir assim como nos três últimos anos o milho, pela alta produtividade e pela facilidade de comercialização. Com todas as restrições definidas, é possível então realizar a modelagem do novo problema cuja tela de resultados é exibida na figura 21.

Figura 21 - Tela de modelagem do novo problema

	X1	X2	X3	X4	Receita	
Maximizar Z	1706,96	1437,93	1821,39	709,61		
Celulas Variáveis	40	54	40	54	257101,0585	
Sujeito a						
Restrição	Painço	Milho	Soja safra	Soja safrinha	UTILIZADO	Disponibilidade
Herbicida	2,50	4	4	2,10	589,4	≤ 1184,40 (1)
Fungicida	0	0,30	0,56	1,20	103,4	≤ 193,64 (2)
Inseticida 01	0,25	0	0,49	1	83,6	≤ 163,56 (3)
Inseticida 02	0	0	0	1	54	≤ 94 (4)
Óleo Adjuvante	2	0,60	1,40	1,25	235,9	≤ 493,50 (5)
Adubo Mistura	250	350	350	325	60450	≤ 119850 (6)
Nitrogênio de cobertura	200	400	0	0	29600	≤ 56400 (7)
Adubo foliar	0	0	0,10	0	4	≤ 9,40 (8)
Tratamento para semente	0	0,25	0,10	0,10	22,9	≤ 42,30 (9)
Lubrificante para semente	0,14	0,14	0,14	0,14	26,32	≤ 52,64 (10)
Cloreto de Potássio	0	0	100	0	4000	≤ 9400 (11)
Semente de painço	50	0	0	0	2000	≤ 4700 (12)
Semente de milho	0	30	0	0	1620	≤ 2820 (13)
Semente soja safra	0	0	56,25	0	2250	≤ 5287,50 (14)
Semente soja safrinha	0	0	0	51,25	2767,5	≤ 4817,50 (15)
Milho+painço	1	1	0	0	94	≤ 94 (16)
Soja +soja safrinha	0	0	1	1	94	≤ 94 (17)
Produção máxima painço	1	0	0	0	40	≥ 40 (18)
Decisão contingente	0	-1	0	1	0	= 0 (19)
Não negatividade	X1	; X2	; X3	; X4	0	≥ 0 (20)

Fonte: O autor, 2018

De acordo com manifesto em figura 21, pode-se visualizar quais os recursos que o modelo matemático considerou para resolver o problema através do solver, sendo que a quantidade utilizada de cada uma se deu pela soma dos produtos, ou

seja de forma que o recurso não se torne um limitante para o agricultor, visto que o mesmo pode realizar a compra a qualquer momento.

Na parte superior da figura 21, infere-se acerca de quantos hectares de cada cultura devem ser produzidos, respeitando as restrições expostas. A cultura que foi inserida, apresentou um bom retorno e, por isso o *Solver* indicou a produção de 40 hectares, a máxima indicada na restrição 18. Para a cultura do milho, restaram os outros 54 hectares. Da mesma forma que o painço, para a cultura da soja safra também é indicado o cultivo de 40 hectares. A soja safrinha, por sua vez ocupa a mesma área do milho que é de 54 hectares por conta da restrição de decisão contingente adicionada ao modelo. Com o cultivo de cada um destes hectares indicados, o produtor poderá alcançar uma margem de contribuição total de R\$ 257.101,05.

Embora o resultado exibido pela figura 21 mostre-se significativo, o *Solver* gera o relatório de sensibilidade, onde podem ser analisados mais fatores para contribuir com a tomada de decisão do agricultor. A figura 22 reflete o relatório de sensibilidade, gerado pelo *Solver*.

Figura 22 - Relatório de sensibilidade segundo modelo matemático gerado pelo solver

Células Variáveis						
Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objetivo Coeficiente	Permitido Aumentar	Permitido Reduzir
§C\$4	Painço	40	0	1706,964	1E+30	1380,81
§D\$4	Milho	54	0	1437,928	1380,81	1437,93
§E\$4	Soja	40	0	1821,387	1E+30	1380,81
§F\$4	Soja safrinha	54	0	709,609	1380,81	709,61

Restrições						
Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permitido Aumentar	Permitido Reduzir
§G\$25	Produção máxima painço	40	1380,81	40	54	40
§G\$26	Decisão contigente	0	1111,78	0	54	40
§G\$8	Herbicida	589,40	0	1184,40	1E+30	595
§G\$9	Fungicida	103,40	0	193,64	1E+30	90,24
§G\$10	Inseticida 01	83,60	0	163,56	1E+30	79,96
§G\$11	Inseticida 02	54	0	94	1E+30	40
§G\$12	Óleo Adjuvante	235,90	0	493,50	1E+30	257,60
§G\$13	Adubo Mistura	60450	0	119850	1E+30	59400
§G\$14	Nitrogênio de cobertura	29600	0	56400	1E+30	26800
§G\$15	Adubo foliar	4	0	9,40	1E+30	5,40
§G\$16	Tratamento para semente	22,90	0	42,30	1E+30	19,40
§G\$17	Lubrificante para semente	26,32	0	52,64	1E+30	26,32
§G\$18	Cloreto de Potássio	4000	0	9400	1E+30	5400
§G\$19	Semente de painço	2000	0	4700	1E+30	2700
§G\$20	Semente de milho	1620	0	2820	1E+30	1200
§G\$21	Semente soja safra	2250	0	5287,50	1E+30	3037,50
§G\$22	Semente soja safrinha	2767,50	0	4817,50	1E+30	2050
§G\$23	Milho+painço	94	1437,93	94	40	54
§G\$24	Soja +soja safrinha	94	709,61	94	40	54

Fonte: O autor, 2018

Na primeira parte do relatório de sensibilidade gerado pelo solver, mostra na coluna “Final Valor”, o número de hectares que devem ser cultivados. A coluna de “Custo Reduzido” expõe quais culturas não são viáveis de se produzir com relação as demais. No modelo resolvido estas células assumem o valor de zero, ou seja, há viabilidade na produção de todas as culturas.

A margem de contribuição de cada cultura por hectare pode ser visualizada na coluna “Objetivo Coeficiente”, onde as culturas com maior lucro a cada hectare cultivado é a soja safra com R\$ 1.821,38 seguido do painço com R\$ 1.706,96. O milho tem a terceira maior margem de contribuição com R\$ 1.437,32, enquanto a soja safrinha tem a menor margem e contribuição com apenas R\$ 709,60.

A primeira parte do relatório ainda reflete em “Permitido Aumentar” e “Permitido Reduzir”, qual o valor que pode ser acrescido ou diminuído na margem de

contribuição para cada uma das culturas, sem que haja alteração na quantidade de hectares produzidos.

A segunda parte do relatório mostra informações acerca das restrições, como na coluna “Final Valor” que apresenta qual é o valor que se utiliza de cada restrição e que mostra uma base para o planejamento da necessidade de compra. “Sombra Preço” acaba por mostrar ao produtor qual o valor acrescido na margem de contribuição caso deseje incluir mais hectares. Se o produtor tivesse mais terras para cultivar a cada hectare de milho e painço que cultivasse seria acrescido um valor de R\$ 1.437,93 a margem de contribuição. Já se o produtor adquirisse mais um hectare para cultivo de soja safra e soja safrinha seriam adicionados R\$ 709,61 a margem de contribuição.

A “Restrição Lateral” diz a respeito à disponibilidade de cada recurso, ou seja, tem-se disponível para cultivo, 94 hectares de milho e painço cultivados na mesma época e 94 hectares de soja safra e soja safrinha. Outra informação que o relatório gera é a quantidade que pode ser acrescido ou diminuído da margem de contribuição, sem que se altere a quantidade de hectares que se opte por produzir. Desta forma podem ser aumentados R\$40,00 na margem de contribuição de milho e painço e soja safra e safrinha sem alteração do número de hectares cultivados. Da mesma maneira, podem ainda ser reduzidos R\$54,00 de milho e painço, soja safra e soja safrinha sem alteração na quantidade de terra cultivada.

4.5.6 Comparativo da situação ideal e proposta com inclusão da cultura de painço

Após a elaboração dos modelos matemáticos com a produção ideal e com uma nova proposta para um futuro ano agrícola, para melhor compreender os resultados, pode-se comparar a margem de contribuição de cada situação, conforme tabela 13.

Tabela 13 - Comparativo da situação atual, ideal e proposta com inclusão da cultura de painço

Resultado produção ideal			Resultado inclusão painço		
Cultura	Hectares	Margem de contribuição (R\$/cultura)	Cultura	Hectares	Margem de contribuição (R\$/cultura)
Trigo	30	R\$ 4.354,50	Painço	40	R\$ 68.278,57
Milho	64	R\$ 92.027,52	Milho	54	R\$ 77.648,22
Soja safra	30	R\$ 54.641,70	Soja safra	40	R\$ 72.855,60
Soja safrinha	64	R\$ 45.415,04	Soja safrinha	54	R\$ 38.318,94
Total		R\$ 196.438,76			R\$ 257.101,33

Fonte: O autor, 2018

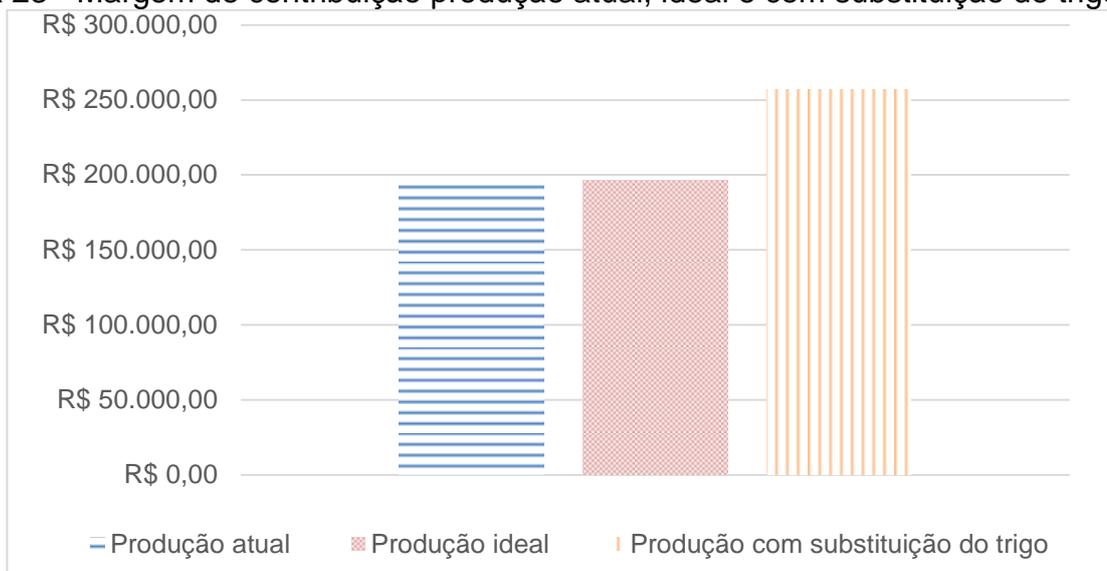
De acordo com o evidenciado na tabela 13, tem-se os resultados em hectares e margem de contribuição para a situação ideal, e ao lado para a situação com inclusão do painço. O resultado com a produção ideal, considera ainda a cultura do trigo onde, com a produção de 30 hectares é possível obter um lucro de R\$ 4.354,50. Já os resultados do outro modelo, retira a cultura de trigo e adiciona a cultura do painço, o que aumenta em 10 hectares a área plantada e em R\$ 60.662,57 a margem de contribuição.

A cultura do milho, que com a produção ideal teria uma área cultivável de 64 hectares cai para uma área cultivável de 54 hectares onde tem sua margem de contribuição diminuída em 15,63%. Já a soja, que seria cultivada na mesma área do trigo de 30 hectares, aumenta no novo modelo para 40 hectares apresentando um acréscimo na margem de contribuição de 33,33%.

Ao que tange a produção de soja safrinha, esta deve ter uma área diminuída em 10 hectares e por consequência haverá uma diminuição na margem de contribuição de 15,63%. Embora algumas culturas apresentem significativa diminuição na margem de contribuição, quando somadas as culturas, passam do modelo ideal considerando o trigo, de R\$ 196.438,76 para R\$ 257.101,33, gerando um aumento de mais de 30%.

Para que se possa visualizar com mais clareza a diferença entre a produção atual, ideal e a proposta de substituição do trigo pelo painço, a figura 23 demonstra a comparação de todas as margens de contribuição levantadas.

Figura 23 - Margem de contribuição produção atual, ideal e com substituição do trigo



Fonte: O autor, 2018

Na figura 23 é possível visualizar a margem de contribuição total das culturas, onde tem-se a produção atual com R\$ 194.445,61. Já com a construção do modelo matemático para continuar a produzir todas as quatro culturas, já cultivadas, o ideal indica uma margem de contribuição de R\$ 196.438,76. Quando há uma proposta de substituição da cultura menos rentável ao produtor, por uma cultura muito conhecida na região e que cresce a cada ano, a situação de substituição do trigo pelo painço fica com uma margem de contribuição de R\$ 257.101,33 cerca de 32,22% a mais se comparado ao processo atual.

Neste sentido infere-se que o produtor poderá aumentar sua margem de contribuição total em até R\$ 62.655,72 utilizando-se da substituição da cultura que menos gera rentabilidade. Caso o produtor opte em produzir painço em um próximo ano agrícola, utilizará recursos próprios pois dispõem de máquinas e implementos necessários para a cultura de painço. O processo produtivo também já é conhecido e seu curto ciclo permite ao produtor não abandonar as culturas de milho, soja safra e soja safrinha cujo qual está acostumado a produzir.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor agrícola é uma das principais fontes da economia brasileira, onde lideram, na maioria das vezes, grandes fazendas e que apresentam um bom planejamento de sua produção e suas atividades. Porém, a agricultura familiar também se mostra importante para a economia do país, mas por muitas vezes não ganha forças, pois não apresenta um planejamento estruturado, como ocorre na propriedade rural estudada. Diante das dificuldades enfrentadas pelo produtor familiar deste ramo, a principal finalidade do estudo foi a otimização no cultivo de culturas, que com aplicação da pesquisa operacional possibilita à propriedade tornar-se mais competitiva no mercado.

A realização do presente estudo ocorreu no período de maio a outubro de 2018 e apresenta duas propostas para o agricultor aumentar sua lucratividade. A primeira é continuar com a produção de trigo, milho, soja safra e soja safrinha apenas alterando a quantidade de hectares cultivados possibilitando um acréscimo de 1,03% na margem de contribuição total das culturas. E, para aumentar ainda mais a margem de contribuição, há a proposta de substituição do trigo, pelo cultivo do painço, alterando novamente a quantidade de área cultivável de todas as culturas onde desta vez, o aumento na margem de contribuição é de 32,22 % se comparada a produção atual. As duas propostas aqui apresentadas tornaram-se possíveis pela aplicação da programação linear, que, bem vistas pelo proprietário, manifestou o desejo de substituir o trigo pela cultura do painço, visto os benefícios apresentados nesta pesquisa.

O problema de pesquisa apresentado neste estudo foi “Como é possível, por meio da programação linear tomar decisões mais assertivas de quanto deve-se produzir de cada cultura para aumentar a margem de contribuição da propriedade? ” Para responder esta questão desenvolveu-se o modelo matemático, onde foram inseridos os recursos que estão disponíveis em cada fase, de cada uma das culturas da propriedade. Por sua vez, a resolução do modelo matemático sucedeu-se pelo método *Solver* no *Software Microsoft Excel* baseado na programação linear. O *Solver* gerou o relatório de sensibilidade que mostra como é possível aumentar a margem de contribuição por meio da pesquisa operacional, através do remanejamento dos hectares de terra produzidos de cada cultura.

O objetivo geral do estudo era elaborar um modelo matemático por meio da programação linear para auxiliar a tomada de decisão, visando maximizar a margem de contribuição em uma propriedade rural. Este objetivo foi atingido visto que o modelo matemático foi construído, e posteriormente feita a aplicação da programação linear, possibilitando o aumento da margem de contribuição da propriedade em 32,22%. Quanto aos objetivos específicos, onde o primeiro era de levantar a situação atual da propriedade, cumprindo-se por meio da explanação do processo produtivo de cada cultura, obtendo-se assim como é a situação atual da propriedade.

O segundo objetivo era realizar a apuração dos custos, receita bruta e margem de contribuição de cada uma das culturas. Com a pesquisa em notas fiscais, e registros, determinou-se os custos diretos e indiretos com insumos e recursos necessários. Já com a pesquisa média de preços de comercialização nos últimos doze meses e com a média de produtividade de cada cultura na propriedade, foi possível a determinação da receita bruta e descontando esta dos custos, realizou-se também a evidência da margem de contribuição de cada cultura.

Houve neste estudo também a formulação do modelo matemático de programação linear, onde inseriu-se restrições e recursos disponíveis atendendo-se, portanto, o terceiro objetivo do presente estudo. Com a formulação do modelo matemático e aplicação da programação linear foi possível identificar as culturas mais rentáveis deferindo-se, portanto, o quarto objetivo. Com isso, concluiu-se que as culturas mais rentáveis devem ser mantidas e quando a de menor rentabilidade for identificada, simular a proposta de substituição desta por uma nova cultura para que a margem de contribuição se mostre ainda mais crescente, fazendo-se desta forma por cumprir o quinto objetivo do presente estudo.

O estudo aprimorou conhecimentos adquiridos durante o curso de Engenharia de Produção, uma vez que envolveu conceitos de administração da produção, gestão financeira e pesquisa operacional. A junção dos diversos conceitos aqui aplicados possibilitou a determinação de custos, receita bruta e margem de contribuição referentes ao processo produtivo de cada uma das culturas, onde foi possível também visualizar as culturas mais rentáveis. Pode-se visualizar a margem de contribuição com a produção ideal e com substituição do trigo e inclusão do painço, contribuindo assim para a tomada de decisão do agricultor para um próximo ano agrícola.

Portanto, de acordo com este estudo, é possível auxiliar o proprietário na tomada de decisão onde é recomendado cultivar 40 hectares de painço, e, posteriormente na mesma área cultivar a soja safra. Já os 54 hectares restantes, deverão ser compostos de milho e, após sua colheita, a área deve ser ocupada pela soja safrinha. Os insumos necessários, e que o produtor deve observar para a produção destas quatro culturas, devem ser observadas na coluna "Utilizado", localizada no relatório de sensibilidade gerado após a aplicação da programação linear.

Ao concluir este estudo pode-se destacar um dos principais proventos ao aplicar a programação linear para determinar a otimização da margem de contribuição. Ao construir o modelo matemático, é possível planejar o número de hectares que deve-se produzir em determinado ano agrícola. Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se o emprego de planilhas inteligentes automatizadas, capazes de calcular os custos de produção e a margem de contribuição bem como, realizar a modelagem matemática onde os cálculos possam ser agilizados, fazendo com que o produtor obtenha resultados imediatos e precisos para tomar decisões assertivas, acerca de quais culturas seriam mais rentáveis frente a diferentes condições e restrições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, F. L et al. **Nitrogênio em cobertura, teor de proteína e exportação de nutrientes pelos grãos de painço**. Uberlândia, v. 27, n. 6, p. 888-895, 2011.

ALIANÇA INTERNACIONAL DE PRODUTORES DE SOJA. **Manual de melhores práticas agrícolas**. Disponível em: <http://www.aprosoja.com.br/storage/site/files/projetos/Manual_de_Melhores_Praticas_Agricolas.pdf>. Acesso em 03 ago.2018.

ANDRADE, L. E. **Introdução à Pesquisa Operacional - Métodos e Modelos para Análise de Decisões**. 4ª Ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 2009.

ARENALES, M. et al. **Pesquisa operacional para cursos de engenharia**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier Ltda, 2015.

BACALTCHUK, B.; SILVA, H. R. C. **Nasce uma nova era...** O trigo recupera sua nobreza. Embrapa, 2001. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/trigo/busca-de-publicacoes/-/publicacao/820434/nasce-uma-nova-era-o-trigo-recupera-sua-nobreza>>. Acesso em 15 mai. 2018.

BARCELOS, B. O.; EVANGELISTA, M.L.S.; SEGATO, S. S. **A importância e a aplicação da pesquisa operacional nos cursos de graduação em administração**. Disponível em: <<http://editora.unoesc.edu.br/index.php/race/article/view/2201/pdf> >. Acesso em 02 abr.2018

BATALHA, M. F. et al. **Introdução a engenharia de produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

BELFIORE, P.; FÁVERO, L. P. **Pesquisa operacional para cursos de engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier editora Ltda., 2013.

BERNARDI, L. A. **Política e Formação de Preços uma abordagem competitiva, sistêmica e integrada**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

BONI, V.; QUARESMA, S.J. **Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais**. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/emtese/article/viewFile/%2018027/16976>>. Acesso em 22 out de 2018.

BORNIA, A. **Análise gerencial de custos: aplicação em empresas modernas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

BRASIL. Nº 4.504, de 30 de novembro de 1964. **Estatuto da Terra**. Brasília, DF, nov. 1964. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4504.htm>. Acesso em: 12 out. 2018.

CAIXETA-FILHO, J.V. **Pesquisa operacional: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais**. 2.Ed. São Paulo: Atlas, 2004.

CALLADO, A. A. C.; CALLADO, A. L. C. **Gestão de custos rurais: comparando práticas entre distintos polos de produção agroindustriais do Estado de Pernambuco. Contextus - Revista Contemporânea de Economia e Gestão**, v. 7, n. 2, art. 212, p. 65-74, 2009.

CANARY, V. P. **A tomada de decisão no contexto do Big Data: Estudo de caso único.** 2013. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/87757/000911900.pdf?sequen>>. Acesso em 20 jun.2018.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento.** Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/>>. Acesso em 20 jun. 2018.

CORRAR, L. J.; THEÓPHILO, C. R. **Pesquisa operacional para decisão em contabilidade e administração.** São Paulo: Atlas,2004.

CREPALDI, S. A. **Contabilidade rural: uma abordagem decisorial.** 8. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

DALCIN, D. **O processo de tomada de decisão em agricultores de Boa Vista das Missões – RS.** Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010. Disponível em: <<http://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8854/DALCIN%2c%20DIONEIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 20 mar. 2018.

EHRlich, P. J. **Pesquisa operacional: curso introdutório.** São Paulo: Atlas, 1991.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Informações Técnicas para trigo e triticale, safra 2017.** Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/155787/1/InformacoesTecnicas-para-Trigo-e-Triticale-Safra-2017-OL.pdf>>. Acesso em 20 mai.2018.

FANTIN, G.M.; DUARTE, A.P.; BARROS, V.L. P. Rotação Interativa. Revista Cultivar, n. 1, p. 38-30, dez. 2013.

FERNANDES, F. C. F.; GODINHO F. M. **Planejamento e controle da produção: dos fundamentos ao essencial.** São Paulo: Atlas, 2010.

FERREIRA, D.H.L.; BARON, C. **Utilização de Softwares na Pesquisa Operacional.** In: Revista Brasileira de Iniciação Científica, Itapetininga, v. 4, n. 1, 2017. p. 153-170.

GARCIA, E. **Indicadores de produtividade do painço (*Panicum miliaceum L.*) em função da época e dose de nitrogênio.** 2015. Disponível em: <<http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3353/Everton%20Garcia%20-%20TCC.pdf?sequence=1>>. Acesso em 21 de out.2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOLDBARG, M. C. E LUNA, H. P. L., **Otimização Combinatória e Programação Linear: Modelos e Algoritmos.** 2ª Ed. Rio de Janeiro: Campus, 2005.

GOMES, A.R. **Contabilidade rural & agricultura familiar**. Rondonópolis: A. R. Gomes, 2002.

HARTAMANN, J.; BEHR, A. **Aplicação da análise custo-volume-lucro na proposta de expansão dos negócios de uma empresa de pequeno porte do setor metalúrgico**. 2015. [Artigo científico]. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/148453/001001524.pdf?sequence=1>>. Acesso em 25 jul.2018.

HECKLER, J.C. SALTON, J.C. **Palha: Fundamento do Sistema Plantio Direto**. 2002. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/38756/1/COL20027.pdf>>. Acesso em 02 out.2018.

HILLIER, F.S.; LIEBERMAN. **Introdução a pesquisa operacional**. Trad.de A.G. Porto Alegre: AMGH, 2013.

IGNÁCIO, B.A.F. **Desenvolvimento de um modelo de programação linear para apoio a tomada de decisão em uma cadeia de suprimentos**. 2009. Disponível em <http://portal.fei.edu.br/Download%20de%20Pesquisas/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20VF_%20Bruno%20Alvarez.pdf>. Acesso em 29 mar.2018.

JUNIOR, J.B.D.; COELHO, F.C. **Rotação de Culturas**. Niterói: Programa Rio Rural, 2010 (Manual técnico).

KESSELER, N.S. et.al. **Práticas sustentáveis nas pequenas propriedades de agricultura familiar: um estudo de caso**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. Santa Maria, v. 17n. 17 p. 3367 – 3375 Dez 2013.

LACHTERMACHER, G. **Pesquisa operacional na tomada de decisões: modelagem em Excel**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

LEONE, G. S. G. **Custos: planejamento, implementação e controle**. São Paulo: Atlas, 1997.

LIMA, A. P. L.; *et al.* **Administração da unidade de produção familiar: modalidades de trabalho com agricultores**. 3 ed. Ijuí: Unijuí, 2005.

LISBOA, E. F. **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <<http://www.ericolisboa.eng.br/cursos/apostilas/po/index.htm>>. Acesso em: 27 de agosto de 2018.

LOBO, R.N.; SILVA, D.M. **Planejamento e Controle da Produção**. São Paulo: Saraiva, 2014.

LOURENZANI, W. L. **Capacitação gerencial de agricultores familiares: uma proposta metodológica de extensão rural**. Revista Organizações Rurais & Agroindustriais, vol. 8, núm. 3, pp. 313-322, 2006.

MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Trigo**. 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/arquivos-de-estatisticas/trigo-16.pdf/view>>. Acesso em 21 de jun,2018.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica**. 7. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MEGLIORINI, E. **Análise crítica dos conceitos de mensuração utilizados por empresas brasileiras produtoras de bem de capital sob encomenda**, 2003. Tese (Doutorado em controladoria e contabilidade). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, 2003.

MICROSOFT. **Definir e resolver um problema usando o Solver**. Disponível em: <<https://support.office.com/pt-br/article/definir-e-resolver-um-problema-usando-o-solver-5d1a388f-079d-43ac-a7eb-f63e45925040>>. Acesso em 10 de abr, 2018.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Projeções do agronegócio brasileiro**. Brasília, 2018. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/banner_site-03-03-1.png/view>. Acesso em 03 out. 2018.

MOREIRA, Daniel Augusto. 2007. **Pesquisa operacional**: curso introdutório. Thomson. São Paulo. 2007.

MÜLLER, C.J. **A evolução dos sistemas de manufatura e a necessidade de mudanças nos sistemas de controle e custeio**. 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MUNDSTOCK, C.M. **A evolução da genética e da tecnologia de cultivo de milho no Sul do Brasil**. 2013. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/media-center/artigos/159/a-evolucao-da-genetica-e-da-tecnologia-de-cultivo-de-milho-no-sul-do-brasil>>. Acesso em 20 mai. 2018.

NASCIMENTO, M. S. **Margem de contribuição no auxílio à tomada de decisão aplicada a um alambique**. 2005. Disponível em: <<http://tcc.bu.ufsc.br/Contabeis294269.pdf>>. Acesso em 27 jul. 2018.

NUNES, J. L. S. **O Sistema de Plantio Direto no Brasil**. 2013. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/colunistas/coluna/o-sistema-de-plantio-direto-no-brasil_386879.html>. Acesso em 20 out de 2018.

OLIZESKI, C. A. N. **Modelos de Planejamento Agrícola um cenário para otimização de processo agroindústrias**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2011.

PADOVEZE, C. **Controladoria estratégica e operacional**: conceitos, estrutura, aplicação. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da Produção**: operações industriais e de serviços. Curitiba: Unicenp, 2007.

PEIXOTO, C. M. **O milho no Brasil, sua importância e evolução.** 2014. Disponível em:<<http://www.pioneersementes.com.br/media-center/artigos/165/o-milho-no-brasil-sua-importancia-e-evolucao>>. Acesso em 20 mai.2018.

PRIMAVESI, A. **Agricultura Sustentável: Manual do produtor rural.** São Paulo, Editora Nobel,1992.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico- métodos e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico.** 2. Ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RECKZIEGEL, C. S. **Aplicação da programação linear para planejamento de produção: um estudo de caso em uma propriedade rural,** 2016. Disponível em: http://www.fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng_Producao/2016/Cristina_Raquel_Reckziegel.pdf. Acesso em 03 mar. 2018.

REHFELDT, M. J. G. **Aplicação de problemas matemáticos em situações problemas empresariais com uso do software Lindo.** Dissertação (Doutorado em Informática). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

RIBAS, C.C.C. FONSECA, R.C.V. **Manual de metodologia.** 2008. Disponível em: <http://www.opet.com.br/biblioteca/PDF's/MANUAL_DE_MET_Jun_2011.pdf>. Acesso em 22 out.2018.

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

SANTOS, G. H. P.; TEIXEIRA, T. S.; GUIMARÃES, T. A. **Modelo matemático aplicado à otimização de dieta para bovinos de corte em sistema de pastejo.** Memorial TCC Caderno da Graduação, v. 1, n. 1, p. 369-388, 2016.

SANTOS, G.J.; MARION, J.C.; SEGATI, S. **Administração de Custos na Agropecuária.**4.ed. São Paulo: Atlas,2009.

SANTOS, J.A.; FILHO, D.P. **Metodologia Científica.** 2.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

SANTOS, M. M.; SILVA, D. M. **Aplicação da programação linear na otimização do agronegócio.** 2017. Disponível em: <<http://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/Aplica%C3%A7%C3%A3o%20da%20Programa%C3%A7%C3%A3o%20Linear%20na%20otimiza%C3%A7%C3%A3o%20do%20Agroneg%C3%B3cio.pdf>>. Acesso em 10 abr., 2018.

SILVA, A.C.; LIMA, E.P.C.; BATISTA, H.R. **A importância da soja para o agronegócio brasileiro: uma análise sob o enfoque da produção, emprego e exportação.** 2010. Disponível em <http://www.apec.unesc.net/V_EEC/sesoes_tematicas/Economia%20rural%20e%20agricultura%20familiar/A%20IMPORT%C3%82NCIA%20DA%20SOJA%20PARA%20O%20AGRONEG%C3%93CIO%20BRASILEIRO.pdf>. Acesso em 26 maio.2018.

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.

SILVA, R. L. A. **Implementação de um modelo de custeio e orçamentação numa empresa de embalagens**. 2013. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Universidade do Minho, Escola de Engenharia, 2013.

SLACK, N. et. al. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1999.

SOLOGUREN, L. **Demanda mundial cresce e Brasil tem espaço para expandir produção**. 2015. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Importancia-artigo1.pdf>. Acesso em 20 mai. 2018.

STACANELLI, Thais Machado et al. **Aplicação da Programação linear para a otimização da produção em um laticínio localizado na região centro-oeste de Minas Gerais**. 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_211_253_26834.pdf>. Acesso em: 31 de mai. 2018.

THE NATURE CONSERVANCY. **Agricultura Sustentável: Eficiência na Produção e Uso Responsável dos Recursos Naturais**. 2005. Disponível em: <<https://www.nature.org/media/brasil/agricultura-sustentavel.pdf>>. Acesso em: 01 out 2018.

VIEIRA, A. C. P. **Propriedade intelectual e inovações na agricultura**. Disponível em: <http://inctped.ie.ufrj.br/pdf/livro/PI_e_Inovacoes_na_Agricultura.pdf>. Acesso em 05 abr., 2018.

VILCKAS, M. **Determinantes da tomada de decisão sobre as atividades produtivas rurais: proposta para um modelo de agricultura familiar**. 2004. Dissertação (Mestrado Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

APÊNDICE A – ENTREVISTA SEMI ESTRUTURADA REALIZADA COM O ENGENHEIRO AGRÔNOMO

- 1) É possível em um próximo ano agrícola deixar de produzir uma cultura substituindo-a por outra?
- 2) Para substituição de uma cultura quais os critérios levados em consideração?
- 3) Caso o produtor queira plantar painço na mesma área de terra que hoje é destinada a cultura de trigo, o que ele deve considerar para obter sucesso na safra?
- 4) Quais são as principais diferenças no manejo de painço quando comparado ao trigo?
- 5) Quais são as principais fases do processo produtivo da cultura do painço?
- 6) Qual a duração de cada uma das fases?
- 7) Quais os principais insumos, quantidade de aplicações e dosagem que em uma safra normal de painço devem ser considerados?
- 8) Quanto aos maquinários utilizados, para a cultura de painço o produtor possui todos a seu dispor?
- 9) Onde o produtor poderia entregar os grãos após colheita?