



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

GUSTAVO VIEIRA ROLIM

**ESTUDO COMPARATIVO DOS CUSTOS DA QUIMIGAÇÃO VERSUS OS
CUSTOS DA APLICAÇÃO CONVENCIONAL TRATORIZADA DE FERTILIZANTES
E AGROTÓXICOS**

FORTALEZA
2022

GUSTAVO VIEIRA ROLIM

ESTUDO COMPARATIVO DOS CUSTOS DA QUIMIGAÇÃO VERSOS OS CUSTOS
DA APLICAÇÃO CONVENCIONAL TRATORIZADA DE FERTILIZANTES E
AGROTÓXICOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo.

Co-Orientadora: Prof^a. Dr^a. Denise Vieira Vasconcelos.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R653e Rolim, Gustavo Vieira.

Estudo comparativo dos custos da quimigação versus os custos da aplicação convencional tratorizada de fertilizantes e agrotóxicos / Gustavo Vieira Rolim. – 2022.
102 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo.

Coorientação: Profa. Dra. Denise Vieira Vasconcelos.

1. Custos. 2. Quimigação. 3. Trator . 4. Pivô central. 5. Aplicação. I. Título.

CDD 630

GUSTAVO VIEIRA ROLIM

ESTUDO COMPARATIVO DOS CUSTOS DA QUIMIGAÇÃO VERSUS OS CUSTOS
DA APLICAÇÃO CONVENCIONAL TRATORIZADA DE FERTILIZANTES E
AGROTÓXICOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Aprovado em: 31 / 10 / 2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dr^a. Denise Vieira Vasconcelos (Co-Orientadora)
Instituto Federal de Educação, Ciência Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. Mario de Oliveira Rebouças Neto
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. Ricardo Rodrigues de Andrade
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Dedico a Deus, que é o autor da minha vida. A minha família e a minha namorada Kercya, por serem meu porto seguro em todos os momentos. Dedico também aos meus amigos, colegas e professores, que marcaram a minha jornada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus que iluminou o meu caminho, me deu força e coragem durante toda esta caminhada.

Sou grato aos meus pais Airton de Sousa Vieira e Antônia Rosaneide Rolim pelo apoio, carinho e incentivo, e por nunca terem medido esforços para que um jovem do interior alcançasse os seus sonhos.

A minha família que me auxiliou durante todo o percurso dentro da universidade, e que sempre representou uma fonte de amor e renovo em momentos de angústia e em momentos de alegria.

A minha namorada Kercya Cavalcante, por estar sempre ao meu lado, dando suporte e cooperando para a realização dos meus sonhos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Funcionamento 001.

A FUNCAP pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

A Universidade Federal do Ceará (UFC) por todo apoio e colaboração durante toda a minha formação.

Ao meu orientador Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo e a minha co-orientadora Prof^a. Dr^a Denise Vieira Vasconcelos pela excelente orientação durante todo o meu percurso no mestrado e que com muito apreço me orientaram no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores Dr. Alexsandro Oliveira da Silva, Dr. Mario de Oliveira Rebouças Neto e Dr. José Bruno Rego de Mesquita, participantes da banca examinadora. E aos demais professores por terem acrescido diversos conhecimentos e experiências.

“Tudo posso Naquele que me fortalece”
(Felipenses, 4:13).

RESUMO

A necessidade de aumentar as terras agricultáveis, a grande demanda de alimentos, a premência por mais quantidades de safras durante o ano, a escassez de nutrientes nos solos, a necessidade de redução dos prejuízos, e o crescimento da incidência de pragas nas lavouras, levaram os produtores a procurar métodos, manejos diferenciados e produtos que solucionassem esta problemática e trouxessem valorização para as culturas. Com isso, neste contexto, os fertilizantes e os agrotóxicos surgiram e passaram a ter um papel fundamental. Os custos com a aplicação de fertilizantes e agrotóxicos na agricultura irrigada de acordo com os métodos de aplicação são extremamente importantes para os produtores, no entanto existe uma grande escassez de estudos e trabalhos que abordem essa temática. Embora seja uns dos principais temas relacionado ao uso de produtos químicos, pois afetam diretamente as finanças, a eficiência e a produtividade. Partindo dessa premissa, este estudo tem por finalidade comparar os custos da quimigação pelo método do pivô central versus os custos do método convencional tratorizado de aplicações de fertilizantes e agrotóxicos, por meio de uma simulação, ou seja, uma situação fictícia na qual supõe que a área fosse de 66 ha, a cultura da soja fosse cultivada nesse terreno e estivesse localizada na região do Vale do Jaguaribe, próximo a bacia do rio Jaguaribe e levando em consideração as condições da região. Para obter os custos operacionais de aplicação destes métodos foi necessário calcular os custos fixos e variáveis do método tratorizado e da quimigação, levando em consideração suas individualidades e atentando-se para os custos de aplicação em específico. Desse modo foi possível esclarecer os custos da aplicação de produtos químicos na agricultura irrigada de acordo com a forma de aplicação. Portanto, concluiu-se que, dessa forma foi possível suprir a falta de estudos, publicações, artigos e ainda proporcionar eficiência no fornecimento de informações, tanto para profissionais, agricultores, estudantes, como também para o público em geral, visto que, este trabalho visa uma linguagem clara e acessível.

Palavras-chave: custos; quimigação; trator; pivô central; aplicação.

ABSTRACT

The necessity to increase agricultural land, the big demand for food, the need for more quantities of crops during the year, the scarcity of nutrients in the soil, the need to reduce losses, and the increase in the incidence of pests in crops, led to producers looking for methods, differentiated management and products to solve this problem and bring value to the cultures. With that, in this context, fertilizers and pesticides emerged and started to play a fundamental role. The costs with the application of fertilizers and pesticides in irrigated agriculture according to the application methods are extremely important for producers, however there is a great lack of studies and studies that address this theme, although it is one of the main themes related to the use of chemicals, as they directly affect finances, efficiency and productivity. Based on this premise, this study aims to compare the costs of chemigation by the central pivot method versus the costs of the conventional tractorized method of fertilizer and pesticide applications, through a simulation, that is, a fictitious situation in which supposing that the area was 66 ha, the soybean crop was grown on that land and was located in the Jaguaribe region, close to the Jaguaribe River basin and taking into account the conditions of the region. To obtain the operational costs of applying these methods, it was necessary to calculate the fixed and variable costs of the tractorized method and the chemigation, taking into account their individualities and paying attention to the specific application costs. In this way it was possible to clarify the costs of applying chemical products in irrigated agriculture according to the form of application. It is concluded that in this way it was possible to fill the lack of studies, publications and articles and provide efficiency in providing information, both for professionals, farmers, students, as well as for the general public, since this work aims at a clear and accessible language.

Keyword: costs; chemigation; tractor; center pivot; application.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Uso e vida útil médios das máquinas agrícolas.....	45
Tabela 2	–	Orçamento do sistema de injeção em (R\$).....	57
Tabela 3	–	Custos fixos e variáveis do trator R\$.h ⁻¹	74
Tabela 4	–	Custo fixo e variável do pulverizador R\$.h ⁻¹	77
Tabela 5	–	custo horário tratorizado total R\$.h ⁻¹	78
Tabela 6	–	Capacidade de campo operacional total e custo operacional tratorizado final.....	78
Tabela 7	–	Custo fixos e variáveis do pivô central R\$.h ⁻¹	82
Tabela 8	–	Custos fixos e variáveis do sistema de injeção R\$.h ⁻¹	84
Tabela 9	–	Custo horário do sistema de quimigação total R\$.h ⁻¹	85
Tabela 10	–	Capacidade de campo operacional total e custo operacional final do pivô central.....	86
Tabela 11	–	Custos fixos e variáveis da grade de disco R\$.h ⁻¹	87
Tabela 12	–	Custo horário da incorporação mecânica R\$.h ⁻¹	88
Tabela 13	–	Capacidade de campo operacional total e custo operacional total final.....	89
Tabela 14	–	Custo da incorporação de água necessária para um eficaz aproveitamento dos produtos químicos.....	93
Tabela 15	–	Custos de uma única aplicação de produtos químicos de acordo com a quimigação e com o método convencional tratorizado em R\$.ha ⁻¹	94
Tabela 16	–	Comparação dos custos em R\$.ha ⁻¹ de diferentes esquemas de aplicações de produtos químicos na quimigação pelo pivô central e no método convencional tratorizado.....	95

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGD	Abrigo da Grade de Disco
AP	Abrigo do Pulverizador
AT	Abrigo do Trator
ATE	Área Total do Estudo
CAQ	Custo de Aplicação na Quimigação
CAT	Custo de Aplicação no método Tratorizado
cc	constante de combustível
CCOTIM	Capacidade de Campo Operacional da Incorporação Mecânica
CCOTPC	Capacidade de Campo Operacional Total do Pivô Central
CCOTT	Capacidade de Campo Operacional Total do Método Tratorizado
CEPC	Consumo de Energia do Pivô Central
CESI	Consumo de Energia do Sistema de Injeção
CFGD	Custos Fixos da Grade de Disco
CFP	Custos Fixos do Pulverizador
CFPC	Custos Fixos do Pivô Central
CFSI	Custos Fixos do Sistema de Injeção
CFT	Custos Fixos do Trator
CHTT	Custo Horário Tratorizado Final
CHSQT	Custo Horário do Sistema de Quimigação Total
CIM	Custo de Incorporação Mecânica
COIM	Custo Operacional da Incorporação Mecânica
COFIM	Custo Operacional Final da Incorporação Mecânica
COFQ	Custo Operacional Final da Quimigação
COSQ	Custo Operacional do Sistema de Quimigação
COTF	Custo Operacional Tratorizado Final
COTT	Custo Operacional Tratorizado Total
CT	Combustível do Trator
CVGD	Custos Variáveis da Grade de Disco
CVP	Custos Variáveis do Pulverizador
CVPC	Custos Variáveis do Pivô Central
CVSI	Custos Variáveis do Sistema de Injeção
CVT	Custos Variáveis do Trator

DGD	Depreciação da Grade de Disco
DP	Depreciação do Pulverizador
DPC	Depreciação do Pivô Central
DSI	Depreciação do Sistema de Injeção
DT	Depreciação do Trator
ET	Eficiência do Trator
GGD	Graxa da Grade de Disco
GP	Graxa do Pulverizador
GT	Graxa do Trator
HTA	Horas Trabalhadas por Ano
Htagd	Horas trabalhadas por ano da grade de disco
Htao	Horas trabalhadas por ano do operador
Htap	Horas trabalhadas por ano do pulverizador
Htapc	Horas trabalhadas por ano do pivô central
Htasi	Horas trabalhadas por ano do sistema de injeção
Htat	Horas trabalhadas por ano do trator
laagd	Índice anual do abrigo da grade de disco
laap	Índice anual do abrigo do pulverizador
laat	Índice anual do abrigo do trator
lasgd	Índice anual do seguro da grade de disco
lasp	Índice anual do seguro do pulverizador
laspc	Índice anual do seguro do pivô central
lassi	Índice anual do seguro do sistema de injeção
last	Índice anual do seguro do trator
JSCGD	Juros Sobre Capital da Grade de Disco
JSCP	Juros Sobre Capital do Pulverizador
JSCPC	Juros Sobre Capital do Pivô Central
JSCSI	Juros Sobre Capital do Sistema de Injeção
JSCT	Juros Sobre Capital do Trator
Lmtgd	Largura média de trabalho da grade de disco
Lmtp	Largura média de trabalho do pulverizador
LT	Lubrificante do Trator
MGD	Manutenção da Grade de Disco
MOPC	Mão de Obra do Pivô Central

MOT	Mão de Obra do Trator
MP	Manutenção do Pulverizador
MPC	Manutenção do Pivô Central
MSI	Manutenção do Sistema de Injeção
MT	Manutenção do Trator
Na	Número de aplicações
PMpc	Potência do Motor do pivô central
PMsi	Potência do Motor do sistema de injeção
PMt	Potência do Motor do trator
QAIq	Quantidade de Água necessária para realizar a Incorporação na quimigação
QAItr	Quantidade de Água necessária para realizar a Incorporação no método tratorizado
SGD	Seguro da Grade de Disco
SMO	Salário Mensal do Operador
SP	Seguro do Pulverizador
SPC	Seguro do Pivô Central
SSI	Seguro do Sistema de Injeção
ST	Seguro do Trator
Ta	Taxa de aplicações
TES	Taxas e Encargos Sociais
TJgd	Taxa de Juros da grade de disco
TJp	Taxas de Juros do pulverizador
TJpc	Taxa de Juros do pivô central
TJsi	Taxa de Juros do sistema de injeção
TJt	Taxa de Juros do trator
Tmp	Taxa de manutenção do pulverizador
Tmpc	Taxa de manutenção do pivô central
Tmsi	Taxa de manutenção do sistema de injeção
Tmt	Taxa de manutenção do trator
Vagd	Valor de aquisição da grade de disco
Vap	Valor de aquisição do pulverizador
Vapc	Valor de aquisição do pivô central
Vasi	Valor de aquisição do sistema de injeção

Vat	Valor de aquisição do trator
VCPC	Volta Completa do Pivô Central
Vg	Valor da graxa
Vld	Valor de litro de diesel
Vll	Valor do litro do lubrificante
Vsgd	Valor de sucata da grade de disco
Vsp	Valor de sucata do pulverizador
Vspc	Valor de sucata do pivô central
Vssi	Valor de sucata do sistema de injeção
Vst	Valor de sucata do trator
VT	Velocidade do Trator
Vtl	Valor da tarifa local
Vugd	Vida útil da grade de disco
Vup	Vida útil do pulverizador
Vupc	Vida útil do pivô central
Vusi	Vida útil do sistema de injeção
Vut	Vida útil do trator

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	Hipótese.....	20
2	OBJETIVOS	21
2.1	Objetivos gerais.....	21
2.2	Objetivos específicos.....	21
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
3.1	Fertilizantes e agrotóxicos.....	22
3.1.1	<i>Fertilizantes.....</i>	<i>22</i>
3.1.2	<i>Agrotóxicos.....</i>	<i>23</i>
3.2	Principais métodos de irrigação pressurizada	25
3.2.1	<i>Irrigação por aspersão convencional</i>	<i>26</i>
3.2.2	<i>Irrigação localizada</i>	<i>27</i>
3.2.3	<i>Irrigação por pivô central.....</i>	<i>28</i>
3.3	Quimigação	28
3.3.1	<i>Aplicação de fertilizantes e de agrotóxicos por meio da quimigação .</i>	<i>29</i>
3.3.2	<i>Vantagens e desvantagens da quimigação.....</i>	<i>30</i>
3.4	Métodos convencionais	31
3.4.1	<i>Pulverização.....</i>	<i>31</i>
3.4.2	<i>Pulverização tratorizada</i>	<i>33</i>
3.4.3	<i>Aplicação de fertilizantes e de agrotóxicos por meio da pulverização tratorizada</i>	<i>34</i>
3.4.4	<i>Vantagens e desvantagens da pulverização tratorizada.....</i>	<i>35</i>
3.5	Características da cultura e do solo	36
3.6	Comparação de custos entre a quimigação e o método convencional	37
3.6.1	<i>Custos fixos</i>	<i>38</i>
3.6.1.1	<i>Depreciação</i>	<i>39</i>
3.6.1.2	<i>Juros sobre capital</i>	<i>39</i>
3.6.1.3	<i>Abrigo</i>	<i>39</i>
3.6.1.4	<i>Seguro.....</i>	<i>40</i>
3.6.2	<i>Custos variáveis</i>	<i>40</i>

3.6.2.1	<i>Combustível</i>	40
3.6.2.2	<i>Lubrificante</i>	41
3.6.2.3	<i>Graxa</i>	41
3.6.2.4	<i>Manutenção</i>	41
3.6.2.5	<i>Mão de obra</i>	42
3.6.2.6	<i>Consumo de energia</i>	42
4	METODOLOGIA	43
4.1	Levantamento dos parâmetros iniciais do projeto	43
4.1.1	<i>Dimensões do terreno</i>	43
4.1.2	<i>Características da cultura e do solo</i>	44
4.1.3	<i>Tarifa de água e tarifa de energia</i>	44
4.2	Custo operacional do trator e do implemento	44
4.2.1	<i>Custos Fixos do Trator</i>	45
4.2.1.1	<i>Depreciação do Trator</i>	46
4.2.1.2	<i>Juros Sobre Capital do Trator</i>	47
4.2.1.3	<i>Abrigo do Trator</i>	47
4.2.1.4	<i>Seguro do Trator</i>	48
4.2.2	<i>Custos Variáveis do Trator</i>	48
4.2.2.1	<i>Combustível do Trator</i>	49
4.2.2.2	<i>Lubrificante do Trator</i>	49
4.2.2.3	<i>Graxa do Trator</i>	50
4.2.2.4	<i>Manutenção do Trator</i>	50
4.2.2.5	<i>Mão de Obra do Trator</i>	51
4.2.3	<i>Custos Fixos do Pulverizador</i>	51
4.2.3.1	<i>Depreciação do Pulverizador</i>	52
4.2.3.2	<i>Juros Sobre Capital do Pulverizador</i>	52
4.2.3.3	<i>Abrigo do Pulverizador</i>	53
4.2.3.4	<i>Seguro do Pulverizador</i>	53
4.2.4	<i>Custos Variáveis do Pulverizador</i>	54
4.2.4.1	<i>Graxa do Pulverizador</i>	54
4.2.4.2	<i>Manutenção do Pulverizador</i>	55
4.2.5	<i>Custo Operacional Tratorizado Total</i>	55
4.2.5.1	<i>Capacidade de Campo Operacional Total do Método Tratorizado</i>	56
4.3	Custo Operacional do Pivô Central e do Sistema de Injeção	57

4.3.1	Custos Fixos do Pivô Central.....	58
4.3.1.1	<i>Depreciação do Pivô Central.....</i>	58
4.3.1.2	<i>Juros Sobre Capital do Pivô Central.....</i>	59
4.3.1.3	<i>Seguro do Pivô Central.....</i>	59
4.3.2	Custos Variáveis do Pivô Central.....	60
4.3.2.1	<i>Manutenção do Pivô Central.....</i>	60
4.3.2.2	<i>Mão de Obra do Pivô Central.....</i>	61
4.3.2.3	<i>Consumo de Energia do Pivô Central.....</i>	61
4.3.3	Custos Fixos do Sistema de Injeção.....	62
4.3.3.1	<i>Depreciação do Sistema de Injeção.....</i>	62
4.3.3.2	<i>Juros Sobre Capital do Sistema de Injeção.....</i>	63
4.3.3.3	<i>Seguro do Sistema de Injeção.....</i>	63
4.3.4	Custos Variáveis do Sistema de Injeção.....	64
4.3.4.1	<i>Manutenção do Sistema de Injeção.....</i>	64
4.3.4.2	<i>Consumo de Energia do Sistema de Injeção.....</i>	64
4.3.5	Custo Operacional do Sistema de Quimigação.....	65
4.3.5.1	<i>Capacidade de Campo Operacional Total do Pivô Central.....</i>	66
4.3.6	Custo de Incorporação Mecânica.....	67
4.3.7	Custo da aplicação dos produtos químicos de acordo com os diferentes métodos.....	67
4.3.7.1	<i>Custo da Aplicação na Quimigação.....</i>	68
4.3.7.2	<i>Custo da Aplicação no Método Tratorizado.....</i>	68
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	70
5.1	Comparação dos Custos da Quimigação versus os Custos da Aplicação Convencional Tratorizada de Fertilizantes e Agrotóxicos ..	70
5.2	Custos Fixos do Trator.....	70
5.2.1	<i>Depreciação do trator.....</i>	71
5.2.2	<i>Juros Sobre Capital do Trator.....</i>	71
5.2.3	<i>Abrigo do Trator.....</i>	71
5.2.4	<i>Seguro do Trator.....</i>	72
5.3	Custos Variáveis do Trator.....	72
5.3.1	<i>Combustível do Trator.....</i>	72
5.3.2	<i>Lubrificante do Trator.....</i>	73
5.3.3	<i>Graxa do Trator.....</i>	73

5.3.4	<i>Manutenção do Trator</i>	73
5.3.5	<i>Mão de obra do trator</i>	74
5.4	Custos Fixos do Pulverizador	74
5.4.1	<i>Depreciação do Pulverizador</i>	75
5.4.2	<i>Juros Sobre Capital do Pulverizador</i>	75
5.4.3	<i>Abrigo do Pulverizador</i>	75
5.4.4	<i>Seguro do Pulverizador</i>	76
5.5	Custos Variáveis do Pulverizador	76
5.5.1	<i>Graxa do Pulverizador</i>	76
5.5.2	<i>Manutenção do Pulverizador</i>	77
5.6	Custo Operacional Tratorizado Total	77
5.6.1	<i>Capacidade de Campo Operacional Total do Método Tratorizado</i>	78
5.7	Custos Fixos do Pivô Central	79
5.7.1	<i>Depreciação do Pivô Central</i>	79
5.7.2	<i>Juros Sobre Capital do Pivô Central</i>	79
5.7.3	<i>Seguro do Pivô Central</i>	80
5.8	Custos Variáveis do Pivô Central	80
5.8.1	<i>Manutenção do Pivô Central</i>	80
5.8.2	<i>Mão de obra do Pivô Central</i>	81
5.8.3	<i>Consumo de Energia do Pivô Central</i>	81
5.9	Custos Fixos do Sistema de Injeção	82
5.9.1	<i>Depreciação do Sistema de Injeção</i>	82
5.9.2	<i>Juros Sobre Capital do Sistema de Injeção</i>	83
5.9.3	<i>Seguro do Sistema de Injeção</i>	83
5.10	Custos Variáveis do Sistema de Injeção	83
5.10.1	<i>Manutenção do Sistema de Injeção</i>	84
5.10.2	<i>Consumo de Energia do Sistema de Injeção</i>	84
5.11	Custo Operacional do Sistema de Quimigação	85
5.11.1	<i>Capacidade de Campo Operacional Total do Pivô Central</i>	85
5.12	Custo de Incorporação Mecânica	86
5.12.1	<i>Custos Fixos e Variáveis Do Trator</i>	86
5.12.2	<i>Custos Fixos e Variáveis da Grade de Disco</i>	87
5.12.3	<i>Custo Operacional da Incorporação Mecânica</i>	88
5.12.3.1	<i>Capacidade de Campo Operacional Total da Incorporação Mecânica</i>	88

5.13	Custo de Aplicação dos Produtos Químicos de acordo os Diferentes Métodos.....	89
5.13.1	<i>Custo da Aplicação na Quimigação.....</i>	90
5.13.2	<i>Custo da Aplicação no Método Tratorizado.....</i>	90
5.13.3	<i>Custo da Incorporação de Água Necessária para um Eficaz Aproveitamento dos Produtos Químicos na Quimigação</i>	91
5.13.4	<i>Custo da Incorporação de Água Necessária para um Eficaz Aproveitamento dos Produtos Químicos no Método Tratorizado</i>	92
5.13.5	<i>Custos de uma Única Aplicação de Produtos Químicos pela Quimigação e pelo Método Convencional Tratorizado</i>	93
5.13.6	<i>Custos Comparativos entre a Quimigação e o Método Convencional Tratorizado usando Diferentes Esquemas de Aplicação de Produtos Químicos</i>	95
6	CONCLUSÃO	97
	REFERÊNCIAS.....	98

1 INTRODUÇÃO

A irrigação foi uma das primeiras alterações executadas no ambiente pela raça humana. Sabe-se que, apesar de que fosse por meio de processos primitivos e arcaicos, a prática de irrigação é desenvolvida há muitos séculos. Embora as primeiras tentativas de irrigação tenham sido muito rústicas e frugais, a imensa importância do manejo da água tornou-se inegável na agricultura moderna e contemporânea (MANTOVANI *et al.*, 2009).

Na antiguidade, a irrigação notavelmente foi responsável pelo suprimento alimentar, o crescimento populacional, e por proporcionar sustentação e suporte estrutural a populações mais densas. Desta forma, por meio do êxito da mesma, é facilmente desenhado, projetado e esboçado o progresso de diversas civilizações antigas. As formas de irrigações praticadas por esses povos se espalharam pelo mundo com o passar dos anos e deram origem aos sistemas de irrigações que existem atualmente (FUKUDA,1976).

Devido, não só ao crescimento e a expansão populacional, mas como também a globalização mundial e ao aumento das exportações alimentícias, a produção agrícola passou por um crescimento enorme e por mudanças significativas. A necessidade de aumentar as terras agricultáveis, a grande demanda de alimentos, a premência por mais quantidades de safras durante o ano, a escassez de nutrientes nos solos, a necessidade de redução dos prejuízos, e o crescimento da incidência de pragas nas lavouras, levaram os produtores a procurar métodos, manejos diferenciados e produtos que solucionassem esta problemática e trouxessem valorização para as culturas. Com isso, neste contexto, os fertilizantes e os agrotóxicos surgiram e passaram a ter um papel fundamental.

Convém ressaltar, que a indústria química foi muito impulsionada após o fim da Segunda Guerra Mundial, devido ao fato de que os empresários dos países Aliados passaram a investir nela, com o intuito de expandir os seus capitais. Outro fator importante é que nesse período os europeus passaram a enfrentar grandes problemas com a fome. E em consequência da escassez de alimentos, desenvolveu-se a chamada “Revolução Verde”, que tinha como objetivo alavancar a agricultura ao ponto que se tornasse possível saciar a fome da população.

Já no Brasil, por volta dos anos de 1965, a agricultura passou a receber incentivos para incrementar esses produtos químicos. Dessa forma, a indústria do

agrotóxico ganhou destaque, pelo fato de que o governo brasileiro proporcionou incentivos fiscais e concessões bancárias para os produtores que fizessem a compra de produtos químicos (CHRISTOFIDIS, 2008).

É notório, que desde o início da implantação de fertilizantes e agrotóxicos nas lavouras, iniciou-se concomitantemente a busca por novas tecnologias e por métodos mais eficazes de injeção desses produtos químicos, sempre visando a obtenção de eficiência e a redução de custos. Dentre estes métodos, encontram-se a pulverização terrestre tratorizada e a quimigação.

A irrigação quando utilizada em conjunto com as demais boas práticas agronômicas permite alcançar máxima produção e redução de custos. A quimigação, e a pulverização terrestre são exemplos disso, desde que estas praticadas citadas anteriormente sejam realizadas de maneira consciente, correta e econômica, pois, como visto no decorrer dos anos, o uso desses produtos de forma inadequada e sem restrições levaram a uma série de graves problemas, tanto a saúde humana, animal e vegetal, quanto às finanças.

Portanto, é imprescindível atentar-se para os custos da aplicação de produtos químicos. Ademais, é necessário uma série de informações e dados para determinar qual método é o mais adequado, sendo que é fundamental ter conhecimento da cultura e da área. Nessa situação hipotética em questão a cultura abordada é a soja, a qual apresenta diversas especificações.

Diante da escassez de estudos que abordem essa temática, o presente trabalho propõe uma solução para tal necessidade, projetando um estudo comparativo dos custos da quimigação versus a aplicação convencional tratorizada de fertilizantes e agrotóxicos, e que tem como objetivo suprir a falta de estudos, publicações e artigos a respeito dos custos da aplicação de produtos químicos na agricultura irrigada de acordo com a forma de aplicação.

Dessa forma, proporcionando eficiência no fornecimento de informações, tanto para profissionais, agricultores, estudantes, como também para o público em geral, visto que este trabalho visa uma linguagem clara e acessível. Ademais, com o intuito de viabilizar a compreensão e estender o seu alcance, o estudo priorizou descrever o passo a passo para a realização das etapas.

1.1 Hipótese

Adota-se a hipótese de que a quimigação é mais viável do que o método convencional tratorizado, pois dependendo da quantidade de aplicações, permite a redução dos custos da aplicação de fertilizantes e agrotóxicos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

Este estudo tem como objetivo realizar uma comparação de custos entre o método convencional tratorizado de aplicação de agrotóxicos e fertilizantes e a Quimigação (que compreende a fertirrigação, insetigação, fungigação, herbigação e nematigação), com a finalidade de auxiliar e fornecer aos produtores e aos estudantes, uma espécie de portfólio, levando em consideração a escassez de trabalhos que abordem esse assunto.

2.2 Objetivos específicos

Para que ocorra o alcance do objetivo principal, tem-se como os objetivos específicos:

- 1) Calcular o custo operacional de aplicação da pulverização tratorizada e da quimigação por pivô central;
- 2) Calcular o custo de incorporação mecânica no solo dos herbicidas e dos nematicidas;
- 3) Montar uma base de dados e de informações a respeito dos produtos químicos, com o intuito de orientar a aplicação em doses adequadas e segundo as orientações adequadas;
- 4) Estimar e relacionar os custos da aplicação de produtos químicos na agricultura de acordo com a forma de aplicação.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Fertilizantes e agrotóxicos

Os fertilizantes e os agrotóxicos são produtos distintos, porém ambos são amplamente utilizados na agricultura. Os fertilizantes são substâncias químicas que podem ser aplicadas nos solos, com a finalidade de enriquecê-los com a adição de nutrientes e de torná-los propícios para a implantação e o desenvolvimento das culturas. Já os agrotóxicos são substâncias químicas que desempenham a função de proteger as plantas e combater o ataque de doenças, pragas, parasitas e ervas daninhas (BORSSOI *et al.*, 2012).

3.1.1 Fertilizantes

Os fertilizantes, também chamados de adubos, são substâncias orgânicas ou inorgânicas, sendo que eles podem ser naturais ou sintéticos, provedores de nutrientes para as plantas. O uso destas nas atividades agrícolas tem por objetivo aumentar a disponibilidade de nutrientes para as culturas, especialmente em solos pobres de recursos nutritivos. Pois, geralmente, estes solos sofrem com a falta ou com a insuficiência de nutrientes, como por exemplo, oxigênio, hidrogênio, carbono, nitrogênio, sódio, ferro, fósforo, zinco e potássio. Estes nutrientes são separados em micronutrientes, macronutrientes primários e macronutrientes secundários (SOUSA; PINTO; COELHO, 2009).

Os fertilizantes apresentam micronutrientes como, cobre, cloro, boro, ferro, zinco, manganês, sódio, silício, cobalto e molibdênio, que estão em pequenas quantidades e que são essenciais para o amadurecimento sadio das plantas. Já os macronutrientes primários contidos nos fertilizantes, são nitrogênio, fósforo e potássio. E os macronutrientes secundários, são magnésio, enxofre e cálcio. Ambos também são essenciais para o amadurecimento sadio das plantas e apresentam-se em maiores quantidades (BORGES e COELHO, 2009).

A técnica de aplicação de fertilizantes faz parte das práticas de manejo agrícola mais apropriadas, pois destina-se a obter mais eficiência no uso de recursos nutritivos e a proteger o ambiente, por meio da aplicação do produto certo, na dosagem exata, no momento adequado e no lugar necessário, e essas características

são determinadas através da capacidade de troca catiônica, da textura e do tipo de argila do solo, em conjunto ao teor de nutrientes presente no solo e as exigências da planta. Sendo que a escolha do fertilizante adequado leva em consideração condições como os solos, o clima, as culturas, a trajetória de cultivo, a aptidão no manejo, a análise química do solo e as necessidades nutricionais (BORSSOI *et al.*, 2012).

O manejo do solo influencia na eficiência e na eficácia dos fertilizantes, pois quando feito da maneira correta, evita que ocorra perdas por erosão ou lixiviação do solo. Além disso, a inserção dos fertilizantes nitrogenados da maneira correta, possibilita que se evite perdas por volatilização de amônia, em solos alcalinos ou calcários. No entanto, para que o uso dos fertilizantes nitrogenados aconteça de forma eficiente, é necessário que as necessidades da cultura e do solo sejam atendidas de acordo com as suas características (SOUSA; PINTO; COELHO, 2009).

Contudo, além da diversidade de finalidades do uso de fertilizantes, existem também diversas possibilidades para realizar a aplicação dos fertilizantes, como por exemplo, diretamente no solo, por meio da água de irrigação ou através da pulverização sobre as folhas e sobre as plantas. Além disso, ressalta-se, ainda, que os fertilizantes podem ser orgânicos ou inorgânicos (SOUSA; PINTO; COELHO, 2009).

Fertilizantes inorgânicos são de origem mineral, passam por processos químicos, como os fertilizantes nitrogenados, fertilizantes fosfatados, fertilizantes potássicos, fertilizantes de calcário e fertilizantes mistos, que são compostos por dois ou mais nutrientes. E os fertilizantes de calcário são usados para a correção do potencial de hidrogênio (pH) dos solos (BORGES e COELHO, 2009).

Já os fertilizantes orgânicos são compostos de resíduos de animais ou de vegetais, e atuam de maneira gradual e lenta, pois sua decomposição é mais complexa do que a dos fertilizantes inorgânicos. E sua origem é proveniente de esterco animal, de resíduos de vinícolas, de resíduos das usinas de açúcar e de álcool, de adubo verde e de resíduos oleaginosos (BORGES e COELHO, 2009).

3.1.2 Agrotóxicos

Os agrotóxicos são muito usados para prevenir e tratar doenças, combater pragas e parasitas nas plantações agrícolas, principalmente em monoculturas. Os agrotóxicos são substâncias químicas, físicas ou biológicas que garantem

a produtividade das lavouras, através da utilização destes é possível preservar as espécies cultivadas (RODRIGUES, 2012).

Contudo, quando a utilização de agrotóxicos é feita de maneira incorreta e sem restrições, essa prática resulta em sérios problemas. Pois, o uso inadequado desses produtos está relacionado de modo habitual e frequente, a impactos socioambientais extremamente danosos (CARSON, 2010).

Além disso, a escolha do agrotóxico adequado está relacionada à natureza da praga que se deseja combater, ao grupo químico à qual faz parte e aos danos relacionados ao meio ambiente e à saúde humana. Os inseticidas são eficientes no combate de insetos. Já os fungicidas são ideais para combater fungos. No caso dos herbicidas, seu uso é feito para combater ervas daninhas. Além destes, usa-se os desfoliantes para combater a incidência de manchas na fibra folhear ou induzir a queda prematura das folhas. E os fumigantes que combatem as bactérias nos solos (CUNHA *et al.*, 2010).

Os agrotóxicos estão muito presentes no manejo de atividades agrícolas. No caso de monoculturas o seu uso é necessário, porque o cultivo de uma única espécie favorece a existência de pragas e doenças. Já o uso de agrotóxicos em culturas de escalas menores, acontece devido a necessidade de quebrar o ciclo das pragas e diminuir os riscos de danos à plantação, a fim de garantir o aumento da produtividade (CHAIM, 2009).

Entretanto, o uso de forma excessiva e inadequada destes, leva a sérios danos ao meio ambiente, podendo contaminar o solo, o lençol freático e os produtos do cultivo, e em consequência disso à saúde humana fica em risco, pois a quantidade de agrotóxicos presente nos alimentos tanto de origem animal como de origem vegetal são altas. Contudo, o risco para a saúde não ocorre apenas quando ingeridos, mas também devido ao contato dos produtores com essas substâncias (REPKE e TEIXEIRA, 2013).

A respeito da utilização, dos efeitos e da terminologia dos produtos químicos usados na agricultura, o Brasil promulgou em junho de 1989 a Lei Nº 7.802 que regulamentou o uso do termo “agrotóxico” como a nomenclatura correta a ser empregada para os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos,

hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos (BRASIL, 2021).

Portanto, a partir da Lei Nº 7.802/89 toda a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização dos produtos supracitados devem adotar o termo “agrotóxico” (BRASIL, 2021).

Os agrotóxicos recebem uma classificação toxicológica, para que seja possível identificar o potencial de risco à saúde humana. Esta é feita através das cores e por meio de quatro classes que indicam o grau de letalidade de cada um. Na primeira classe estão os agrotóxicos extremamente tóxicos, representados pela cor vermelha. Já a segunda classe são os agrotóxicos altamente tóxicos, indicados pela cor amarela. Enquanto, a terceira classe são os agrotóxicos medianamente tóxicos, identificados pela cor azul. E a quarta classe é a dos agrotóxicos pouco tóxicos representados pela cor verde (CHAIM, 2009).

Quando a utilização dos agrotóxicos ocorre em quantidades adequadas é vantajoso, pois desse modo é possível garantir o controle de possíveis pragas e doenças que podem afetar as produções agrícolas. Conseqüentemente com controle das doenças e das pragas a produtividade das plantações aumenta e os produtos passam a possuir qualidade visual. Além disso, os preços dos produtos tendem a ser mais acessíveis (RODRIGUES, 2012).

3.2 Principais métodos de irrigação pressurizada

A irrigação foi criada com o intuito de suprir as necessidades hídricas nas lavouras agrícolas, e tornar ambientes considerados hostis em ambientes cultiváveis. Sem a irrigação as agriculturas dependiam inteiramente dos recursos hídricos oferecidos pelo próprio ambiente, ou seja, através das chuvas e havia a necessidade de se concentrar próximos aos rios e aos lagos, devido aos solos presentes nessas áreas serem mais propícios e férteis, já com a irrigação foi possível estender o abastecimento de água nas lavouras e o alcance dos rios, dos lagos e dos reservatórios (BERNARDO *et al.*, 2019).

Com o decorrer do tempo surgiram diversos avanços tecnológicos na área agrícola, e as técnicas de irrigação também passaram por aprimoramentos, que resultaram em métodos de plantios mais eficazes e o aumento da capacidade de obtenção de produtos em maior quantidade e qualidade (ENGLISH; SOLOMON; HOFFMAN, 2002).

Surgiu também a necessidade de encontrar métodos de utilização da terra que ampliassem a produção e que tivessem menores impactos socioambientais. Entretanto, para cada necessidade e forma de plantio, há um tipo de irrigação adequada (IKEDA e ZAMBON, 2013).

3.2.1 Irrigação por aspersão convencional

O método de irrigação por aspersão foi desenvolvido para suprimir a necessidade de água nas culturas de forma natural e semelhante ao que acontece na natureza. Dessa forma, a irrigação tem em seu primeiro esboço tentar simular a chuva sobre as plantas artificialmente. Evidencia-se, portanto, que a irrigação por aspersão começou no final do século XIX, sendo que os primeiros aspersores rotativos, precursores dos utilizados hoje, apareceram somente no início do século XX (BERNARDO, *et al.*, 2019).

Atualmente o sistema de irrigação por aspersão é uma técnica ao qual a água é jorrada sobre as plantas e/ou superfície do solo, na forma de chuva artificial (simulação de uma chuva), que é ocasionada pelo fracionamento do jato de água que sai em dispositivos (aspersores), que se espalha pelo ar caindo sobre o solo ou planta. Para que haja então a formação do jato de água saindo dos aspersores é necessário um sistema de tubulação e motobomba, no qual a bomba retira água de um reservatório e distribui na tubulação até chegar nos aspersores com vazão e pressão adequada (HELGUEIRA *et al.*, 2017).

Utilizar o método de irrigação por aspersão em solos muito inclinados não é viável, pois o custo torna-se muito elevado e a eficiência do método nessa situação é baixa. Além disso, para a implantar o sistema de aspersão é preciso de um conhecimento técnico mais aprimorado. Já com o sistema implantado, o custo com mão de obra é baixo e a eficiência na distribuição de água é alta. Contudo, ocorre o aumento da possibilidade de doenças causadas pelas folhagens úmidas e alto custo de energia elétrica (MANTOVANI *et al.*, 2009).

A irrigação por aspersão convencional utiliza os componentes convencionais de aspersão, que são as motobombas, as tubulações e os aspersores, esse sistema é possível ser movimentado manualmente pelo campo, podendo cobrir em cada posição um setor da área irrigada ou permanecer parados na mesma posição, ao longo do período de produção e cobrindo toda a área irrigada ou setores específicos (BERNARDO *et al.*, 2019).

3.2.2 Irrigação localizada

O método de Irrigação localizado é uma das técnicas mais utilizadas. Este sistema é desenvolvido através da aplicação de água no solo diretamente sobre a zona radicular das culturas em pequenas quantidades e durante um longo período de tempo, ocupando todo o derredor da planta até atingir maior profundidade, principalmente debaixo da área sombreada pela planta ou próximo ao caule (BORGES e COELHO, 2009).

Na irrigação localizada utiliza-se pequenas vazões, de modo que, quando comparados a outros sistemas de irrigação, essa característica sobressai, devido ao emprego de emissores com diâmetros de saída reduzidos submetidos a baixas pressões. Ademais, esse processo deixa o solo com umidade ideal para o desenvolvimento da planta (BORSSOI *et al.*, 2012).

A irrigação por gotejamento ou a irrigação por microaspersão, são sistemas de irrigação localizada. Na irrigação por gotejamento, a água é aplicada no solo na forma de gotas com baixa vazão através de pequenos emissores denominados gotejadores. Já na irrigação por microaspersão, estes sistemas utilizam microaspersores ou sprays, que aplicam a água na forma de jatos ou aerossol, normalmente na área sombreada pela copa da cultura (BORGES e COELHO, 2009).

A irrigação por microaspersão tem vazões e áreas de aplicação maiores que as do gotejamento. Ambos os sistemas possuem baixo custo de energia e de água, eficiência na aplicação, facilidade de adaptação aos mais variados solos e não se limita às mudanças de vento e declives do solo. Porém o custo de implantação dos sistemas de irrigação localizada é alto (BERNARDO *et al.*, 2019).

3.2.3 Irrigação por pivô central

O pivô central é uma técnica de irrigação de grande importância, pois permitiu a automação de todo o processo. O primeiro sistema de pivô central foi criado por Frank Zybach na década de 50, porém só foi patenteado dois anos depois, e em um ano passou a ser produzido (OLIVEIRA, A. S. *et al*, 2004).

A irrigação por pivô central é feita por meio de uma torre, com uma estrutura suspensa que gira de forma circular para a parte superior das plantações. A área circular é projetada para receber uma estrutura suspensa que, em seu centro, recebe uma tubulação. Por meio de um raio que gira em toda área circular, a água é aspergida por cima da plantação. As torres executam os movimentos por meio de dispositivos eletrônicos, sendo possível fazer uso deste método para a aplicar fertilizantes e agrotóxicos (FRIZZZONE *et al.*, 2019).

A utilização do pivô central reduz a presença de problemas causados pela instabilidade climática, dessa forma a lavoura fica protegida das secas. O sistema também auxilia nos avanços da produção agrícola, em especial em plantios de grandes escalas, aumentando o desenvolvimento e o lucro. O pivô central é muito utilizado em plantações de grandes áreas, devido a sua adaptação e flexibilidade (OLIVEIRA A. S. *et al*, 2004).

Essa técnica permite a aplicação de maneira precisa de água e de fertilizantes nas culturas, tem simplicidade na operação, garante economia de água e de energia, possui baixo custo com mão de obra, é possível irrigar para longas distâncias, sendo de fácil adaptação e produz eficiência e facilidade na aplicação de fertilizantes e de agrotóxicos. Porém, é preciso que haja um bom conhecimento sobre a técnica para aplicá-la, para evitar que ocorra custos desnecessários (OLIVEIRA A. S. *et al*, 2004).

3.3 Quimigação

O processo de aplicação de produtos químicos por meio da água que é utilizada para a irrigação é conhecido como quimigação. Essa prática fundamenta-se em inserir uma solução, podendo essa ser fertilizante, herbicida, inseticida, nematicida e fungicida, na parte interior da tubulação ou na parte lateral do sistema e daí então segue para o ponto de distribuição, que pode ser o aspersor, o difusor ou o gotejador.

A quimigação já vem sendo praticada a muito tempo, porém esse termo só surgiu em 1970 nos Estados Unidos da América (BRASIL, 2006).

A quimigação recomenda a utilização de agroquímicos que se dissolvem em água e o uso de instrumentos específicos para introduzir essa solução nas tubulações do sistema de irrigação. No princípio baseava-se na aplicação de fertilizantes nitrogenados e usava-se em conjunto com efluentes de procedência animal (KANEKO *et al*, 2012).

Desde os anos 70 em diante ocorreu um crescimento significativo na utilização desse método para aplicação de produtos químicos (herbicidas, inseticidas, fungicidas e nematicidas) por meio do sistema de irrigação pressurizada. Contudo, na atualidade, os vírus e os bioinseticidas ganharam destaques significativos e passaram a liderar a lista de uso para o controle biológico das pragas que afetam culturas de grande importância econômica (COSTA; VIEIRA; VIANA, 1994).

O método da quimigação, tornou-se muito disseminado pois apresenta muitos benefícios, e um deles é a economia realizada na aplicação de produtos químicos, pois esta ocorre por meio da água usada na irrigação. A aplicação acontece no instante em que a planta apresenta a necessidade. Dessa maneira, é possível que ocorra a aplicação do produto em qualquer fase do ciclo da cultura, isso facilita a divisão e torna o sistema irrigado satisfatório (BORSSOI *et al.*, 2012).

Também devido a quimigação pode-se evitar que ocorra superdoses, e por conseguinte, evita-se perdas por lixiviação e por escoamento superficial, e com isto os impactos ambientais são reduzidos. Além disso, o método é mais seguro, pois os riscos de que o operador e o meio ambiente sejam contaminados são menores (KANEKO *et al*, 2012).

3.3.1 Aplicação de fertilizantes e de agrotóxicos por meio da quimigação

A quimigação é a aplicação de fertilizantes e de agrotóxicos por via da água de irrigação. Contudo, essa técnica pode receber outros nomes, de acordo com o tipo de produto que é aplicado por meio dela. Tais como, fertirrigação que é a definição específica do processo de aplicação de fertilizantes via água de irrigação, sendo que os sistemas pressurizados são os mais indicados para a fertirrigação, destacando-se a irrigação localizada, especialmente a irrigação por gotejamento (NUYTTENS *et al.*, 2010).

No caso da aplicação de herbicidas a técnica é denominada herbigação, já quando se trata da aplicação de inseticidas para o controle de pragas chama-se insetigação. Além disso, a aplicação de fungicidas no controle de doenças recebe o nome de fungigação, e o controle de nematóides no solo, com a aplicação de nematicidas, é chamado de nematigação (SANTOS L.C. *et al.*, 2012).

Os métodos de aplicação de fertilizantes e de agrotóxicos por meio da irrigação foram criados para promover uma alternativa eficiente e econômica, que proporciona alta uniformidade de aplicação, segundo a distribuição dos recursos hídricos do sistema. Desse modo, se requer conhecimento técnico para que ocorra uma aplicação satisfatória, tanto do ponto de vista agrícola, quanto do ponto de vista ambiental (SANTOS, L. C. *et al.*, 2012).

3.3.2 Vantagens e desvantagens da quimigação

Utilizar a quimigação gera diversos benefícios, entre eles, a redução nos gastos com a aplicação deste método, devido a necessidade de mão-de-obra ser reduzida e a redução do custo operacional das máquinas. Outra vantagem é a uniformidade da distribuição dos recursos hídricos, assim como a uniformidade de aplicação dos fertilizantes e dos agrotóxicos, que é feita via a água do sistema de irrigação (SANTOS, L. C. *et al.*, 2012).

As chances de que o operador se contamine com as substâncias também diminuem, pois, a exposição aos defensivos torna-se bem menor. Além de que a compactação do solo diminui, pois não há tráfego de máquinas na área do cultivo, e por isso os danos mecânicos também são reduzidos. Outro fator vantajoso é que a quimigação permite a aplicação de produtos químicos em qualquer fase de desenvolvimento das culturas, independentemente da altura ou do fechamento do vão entre as fileiras (KANEKO *et al.*, 2012).

Cabe salientar, outrossim, que em específico na fertirrigação é possível obter maior número de parcelas das adubações, de modo que os nutrientes são fornecidos no instante correto e na quantidade adequada, com isso as perdas e o desequilíbrio nutricional são evitados (NUYTTENS *et al.*, 2010).

Com o uso da quimigação ocorre o aumento da incorporação e da ativação dos fertilizantes e dos agrotóxicos no solo. Uma grande vantagem que a quimigação

apresenta também, é que quando aplicada da maneira correta, os riscos de contaminação ambiental diminuem (NUYTTENS *et al.*, 2010).

Entretanto, quando a quimigação é aplicada incorretamente os riscos de que ocorra contaminação do ambiente, da fauna, da flora do lençol freático, dos rios, dos lagos e dos indivíduos aumentam significativamente, além da possibilidade de ocasionar corrosão das partes metálicas dos sistemas de irrigação e de injeção, podendo acontecer vazamentos (SANTOS L. C. *et al.*, 2012).

Contudo, sabe-se também que a aplicação de agrotóxicos e de fertilizantes em alguns métodos de irrigação requer operadores com mais experiência e maiores conhecimentos sobre irrigação, calibração e sistemas de injeção de produtos químicos (KANEKO *et al.*, 2012).

Além disso é preciso a adição de alguns equipamentos que tem um valor elevado, como sistemas injetores de agroquímicos, sistemas de segurança, e estes precisam de manutenção contínua e checagem nos sistemas de segurança, como também é necessário locais específicos para estocagem de equipamentos e produtos químicos (NUYTTENS *et al.*, 2010).

3.4 Métodos convencionais

Os métodos convencionais abrangem desde a pulverização costal e manual, a pulverização tratorizada ou de arraste, até a pulverização aérea. Classificam-se como métodos convencionais, pois ambos os métodos citados realizam a ação específica de pulverizar, ou seja, no momento em que estes equipamentos estão realizando a pulverização, não desempenham outra função em conjunto, que a quimigação ao contrário disso realiza (KLAVER *et al.*, 2012).

3.4.1 Pulverização

A pulverização é a distribuição em pequenas partículas de uma substância líquida. Nas lavouras, a pulverização é utilizada para distribuir fertilizantes e agrotóxicos, podendo pulverizar por terra ou por via aérea, no caso a pulverização por via aérea é mais viável para as propriedades de grande extensão. Por meio dos pulverizadores é possível garantir que os fertilizantes e os agrotóxicos sejam distribuídos em quantidade adequada e nas áreas necessárias, dessa maneira, torna-

se um equipamento importante no combate de pragas e de doenças, e na adição de nutrientes. (SANTOS L. C. *et al.*, 2012).

Porém, normalmente essas substâncias (fertilizantes e agrotóxicos) são encontradas no mercado de forma concentrada, tendo a necessidade de serem diluídas em água (formando a calda). Feita a diluição, essa mistura passa a ser conhecida como calda e é distribuída sobre a lavoura por meio do pulverizador (KANEKO *et al.*, 2012).

Os pulverizadores podem ser classificados de diferentes maneiras. A primeira classificação está relacionada ao tipo de acionamento do equipamento. Podendo ser pulverizador manual, elétrico ou a combustível. Existem diversos tipos de pulverizadores manuais, sendo que os mais comuns são os pulverizadores costais acionados por alavanca. A cada jato, o operador precisa acionar o equipamento. Por isso, são indicados apenas para áreas pequenas, não sendo viável para grandes plantações. (CUNHA *et al.*, 2010).

Portanto, conclui-se que, para a agricultura de pequeno, de médio e de grande porte voltadas para a produção comercial, o correto é usar as máquinas de pulverização, que possui uma bateria ou um motor a combustível para poder acionar o pulverizador (CUNHA *et al.*, 2010).

Os pulverizadores também são classificados de acordo com a configuração do equipamento e com o tipo de máquina usada para movimentá-lo. A exemplo disso o pulverizador costal é composto de um reservatório com alças que pode ser carregado nas costas, como se fosse uma mochila, podendo ser acionado manualmente, eletricamente ou por meio de combustível (LACERDA, 2014).

No entanto, esse tipo de pulverizador necessita ser carregado por um operador, o que o torna inviável para aplicação em grandes extensões de terra. Já as pistolas de pulverização executam a pulverização com ar comprimido, de modo que podem possuir acionamento manual ou elétrico. Sendo que quando manual, é mais apropriado para áreas pequenas, como jardins e hortas (MIGUELA e CUNHA, 2013).

Segundo Lacerda (2014) no caso dos pulverizadores atomizadores, a calda é pulverizada sobre a plantação por força de uma corrente de ar de grande velocidade. Como resultado, a substância atinge distâncias longas, se for preciso. É possível dividir os atomizadores rotativos em dois tipos, os atomizadores de tela e de disco.

O atomizador de tela é um cilindro de tela que gira sobre o eixo que está fixado em um suporte, e por meio do ar que incide nas pás de hélice é movimentado,

dessa forma o líquido é conduzido à tela, após passar pelo ajuste da vazão do líquido (MIGUELA e CUNHA, 2013).

Já o atomizador de disco permite a quebra do líquido em gotas, após ser lançado sobre um ou mais discos que giram acionados eletricamente, ou quando acionados pela movimentação do ar em relação às pás de hélice e em seguida se fragmenta em pequenas gotas para a parte externa (LACERDA, 2014).

3.4.2 Pulverização tratorizada

De acordo com Mialhe (1980), o trator é uma máquina autopropelida provida de mecanismos que possibilitam a realização de tração, transporte e fornecimento de potência mecânica para os elementos que compõem as máquinas e implementos agrícolas, de modo que a energia concebida pela combustão do diesel é convertida em energia mecânica no motor.

Segundo Monteiro e Albiero (2013), o trator agrícola é a fonte de potência de maior uso no campo, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico e para a melhoria do funcionamento dos sistemas agrícolas de produção de alimentos e os sistemas que visem a obtenção de fontes alternativas de energias renováveis, sendo também um dos principais responsáveis pelo crescimento da produção agrícola em todo o país.

O trator agrícola tem atuado como sustentação e alicerce da mecanização agrícola moderna e sendo também encarregado do avanço alcançado pela agricultura em escala mundial nas últimas décadas. Com o passar do tempo, sua estrutura vem sofrendo diversas modificações e inumeráveis desenvolvimentos tecnológicos são disponibilizados aos agricultores (SANTOS, J. E. G. *et al.*, 2004).

Além disso, o uso de tratores agrícolas proporcionou a expansão das áreas de cultivo, devido a quantidade de funções e a versatilidade dessas máquinas na realização diversas operações, como na preparação do solo, no plantio, nos tratos culturais, e na colheita, estando presente em praticamente todas as etapas realizadas em uma lavoura. Por esses motivos, é necessário escolher o melhor conjunto mecanizado, de modo que o desempenho seja otimizado (MIALHE, 1980).

A pulverização tratorizada é composta por pulverizadores de barra, que possuem uma barra com múltiplas pontas de pulverização, e são montadas ou acopladas em um trator, podendo ser chamado também de pulverização de arraste.

Dessa forma, é possível cobrir grandes áreas em um instante de tempo menor em relação aos pulverizadores não tratorizados. (MENECHINI *et al.*, 2017).

Segundo França (2005), esse método é o mais utilizado nas lavouras, e essa máquina têm uma barra com diversos bicos pulverizadores em paralelo, podendo ter vários bicos em uma mesma barra, pulverizando uniformemente, e dessa forma o tempo de pulverização é reduzido. Devido a essa vantagem os pulverizadores de barra são recomendados para qualquer volume de produção e concomitantemente geram alta eficiência na plantação (KLAVER *et al.*, 2012).

3.4.3 Aplicação de fertilizantes e de agrotóxicos por meio da pulverização tratorizada

Na pulverização se faz necessário um equipamento muito importante, que são os bicos pulverizadoras, e estes são dispositivos colocados na saída dos pulverizadores, fazendo que o líquido de pulverização, que contém os fertilizantes ou os agrotóxicos dissolvidos em água (calda) se disperse em pequenas gotas e seja distribuído de maneira uniforme. Esses bicos podem operar com pressões diferentes, o que permite obter diferentes vazões de aplicação e as pontas são as responsáveis pela formação e pelo tamanho de gotas. Portanto, para que o produto químico seja aplicado na quantidade certa é indispensável que o pulverizador esteja bem regulado (OLIVEIRA, V. A. B. *et al.*, 2011).

Os bicos pulverizadores podem ser encontradas de diferentes formas, como o bico tipo cone, formado pelo tubo helicoidal que é constituído por duas partes (caracol e ponta). O caracol é responsável pela formação de gotas e a ponta é um disco com orifício circular, possuindo dois tipos, o cone vazio e o cone cheio. Através dessas duas partes é possível obter diferentes vazões, ângulos de abertura do cone de pulverização e tamanhos das gotas. Muito utilizado para a aplicação de inseticidas e fungicidas por contato (OLIVEIRA, V. A. B. *et al.*, 2011).

Já o bico tipo leque, tem um orifício de saída em forma elíptica e não possui caracol. Possui dois tipos, o leque padrão e o leque uniforme. Sua disposição é maior no centros se dissipando nas extremidades. São os mais utilizados em pulverizadores de barra e os mais apropriados para pulverização com herbicidas (KANEKO *et al.*, 2012).

No caso, do bico do tipo especial, existem dois tipos de bicos especiais, os de deflexão e os raindrop. Os bicos de deflexão produzem um fluxo no formato de leque, devido ao impacto do jato maciço de água contra uma superfície inclinada. Já os bicos raindrop, produzem um fluxo no formato de cone e são ideais para aplicação de herbicidas, pois o tamanho das gotas reduz muito à deriva do herbicida (ZAMBIANCO, 2013).

O volume de pulverização depende do tipo de equipamento, do tipo de produto químico, do estágio de desenvolvimento da cultura, da formulação do produto químico e das condições climáticas. É também essencial avaliar o tamanho e a quantidade de gotas (JACTO, 2014).

3.4.4 Vantagens e desvantagens da pulverização tratorizada

Os pulverizadores tratorizados são conectados ao trator, e dessa forma existem três opções, serem de arrasto, pela barra de tração, ou montados, ou seja, preso a um sistema de levante hidráulico de 3 pontos, ou então semi montados, quando o sistema de levante hidráulico é de 2 pontos. Sendo que é possível obter pulverizadores tratorizados que operam com sistema de controle eletrônico ou mecânico (MINGUELA e CUNHA, 2013).

Já os custos desse método são variáveis em relação a alguns fatores, como o combustível, a mão de obra, os equipamentos de proteção individual, a manutenção da máquina, a depreciação do equipamento, o amassamento da cultura e o amassamento e compactação do solo devido a movimentação do maquinário (MINGUELA e CUNHA, 2013).

Para determinar a quantidade adequada de calda a ser aplicada, é necessário levar em consideração as características da cultura, as condições climáticas da localidade e o tipo de pulverizador mais adequado e as suas características. Além disso, é essencial atentar-se ao volume da calda, pois a mesma deve atender de modo eficiente a área e cobrir completamente o alvo. Outro ponto importante a ser considerado é o tamanho das gotas formadas pela calda, pois quanto menor for, mais implicações podem surgir, como por exemplo, aumenta-se a probabilidade de evaporação da calda (COSTA, 2009).

Convém ressaltar, que quando se tem tecnologia de qualidade, mantém-se a eficiência das aplicações, devido a isso a quantidade de calda é menor, e por isso a capacidade operacional dos pulverizadores torna-se maior. Dessa forma, é possível obter diminuição dos custos operacionais, redução dos desgastes nas máquinas, redução da quantidade de combustível usado e menor necessidade de mão de obra, principalmente, em condições climáticas boas (SOUZA; CUNHA; PAVININ, 2012).

3.5 Características da cultura e do solo

O Estado do Ceará conta com amplas áreas onde o cultivo da soja pode ser praticável, porém é preciso que sejam utilizadas tecnologias pertinentes e que auxiliem o crescimento econômico. Além disso, o exuberante aumento da produção de soja no Brasil durante os últimos quarenta anos, ocasionou grandes mudanças no País. Pois, a soja foi uma das principais responsáveis pelo advento da agricultura comercial no Brasil, assim como pela mecanização e modernização das plantações (BRANDÃO, 2014).

O Ceará conta com uma composição geomorfológica parcialmente simples. Na região norte estão situadas as planícies. A depressão sertaneja predomina em grande parte do território da região central, sendo que os terrenos de seu entorno estão demarcados por planaltos. Já a planície costeira encontra-se no litoral cearense. O rio Jaguaribe é um exemplo de rios que chegam ao litoral, e serve como habitat natural de inúmeras espécies de seres vivos (BRANDÃO, 2014).

O território cearense é constituído em grande parte por depressões sertanejas, essa se caracteriza pelas superfícies aplainadas, que são resultados da erosão sobre o relevo. Já os solos são rasos e pedregosos, sendo que a fertilidade varia em relação e em razão da profundidade e de suas propriedades químicas. Outras formações geomorfológicas importantes para o estado são as chapadas (BRANDÃO, 2014).

A região do Vale do Jaguaribe, está relacionada a um contexto histórico natural e social bem complexo. Essa região é uma das áreas de maior representatividade do Nordeste semiárido, pois é abrangida por depressões interplanálticas, introduzida entre cristas residuais e maciços, coberta por pequenos pontos alternados de *inselbergs* e esculpida por estreitas planícies fluviais (BRANDÃO, 2014).

Os solos de Jaguaribe são os mais característicos do semiárido regional, configurando um mosaico bem diversificado, onde a predominância é dos Neossolos Litólicos, dos Luvisolos Crômico e dos Planossolos, marcadamente acompanhados por afloramentos rochosos. A alocação dessas classes de solo varia de acordo com o grau de dissecação das colinas sertanejas (BRANDÃO, 2014).

3.6 Comparação de custos entre a quimigação e o método convencional

Segundo Costa *et al.* (1994), quando a irrigação é por aspersão, e a quimigação é realizada em conjunto, o custo operacional é apenas o valor obtido com a operação do sistema de aplicação do produto, dessa forma os custos das aplicações de agroquímicos são baixos. Porém, quando a quimigação não é realizada ao mesmo tempo que a irrigação, ou seja, sem o solo ser umedecido, o custo operacional é a soma da despesa para operar o sistema de irrigação mais o custo do sistema de aplicação do produto, dessa forma a quantidade de água necessária para obter eficiência também interfere nos custos.

Além disso, é necessário incluir o custo fixo da quimigação. Todavia, exceto o sistema de segurança acoplado na tubulação de irrigação, todo o equipamento de quimigação pode ser fixo ou móvel. Quando móvel é possível reduzir de maneira significativa as despesas, devido a possibilidade de que com uma única unidade móvel irrigue várias áreas (COSTA *et al.*, 1994).

Segundo Costa *et al.* (1994), outros fatores são importantes para determinar o custo do equipamento de quimigação, como o tamanho do reservatório (pequeno para defensivos e grande para fertilizantes), o número de bombas injetoras, e os equipamentos de segurança para instalação no sistema de irrigação e no sistema injetor.

O custo é, portanto, aproximadamente de 4.000 dólares, já a vida útil é de cerca de 10 anos, dessa forma o custo anual da quimigação, por hectare, com um pivô que irriga 61 ha é de 6,56 dólares. Somando-se a esse valor uma despesa anual de 2 dólares por hectare com a manutenção dos equipamentos, o custo fixo total é de 8,56 dólares por hectare. Divide-se 8,56 pelo número de quimigações realizadas durante um ano e tem-se o custo fixo anual por hectare de cada quimigação (EMBRAPA, 2014).

Na comparação entre o custo da quimigação (realizada sem a necessidade de molhar as plantas) e o custo da aplicação do método convencional de pulverização tratorizada, fazendo uso de um único produto químico, é possível concluir que, quando essa única substância é um fertilizante, um inseticida, ou um fungicida o método mais viável é o convencional, já quando se trata de um herbicida ou um nematicida o método ideal é a quimigação, ou seja, quando as substâncias precisam ser incorporadas ao solo (COSTA *et al.*, 1994).

Porém a partir de dois ou mais produtos combinados em diferentes esquemas, a quimigação torna-se o método mais adequado e vantajoso. Além disso, quando a aplicação do método de quimigação é realizada mais vezes durante o ano, é ainda mais compensatório economicamente, levando em consideração também, a combinação das substâncias (COSTA *et al.*, 1994).

Com a quimigação os custos são menores e a lucratividade é maior do que com a pulverização tratorizada, e quanto maior a área cultivada mais rápida é possível repor o valor do investimento. Sendo que a quimigação gera economia na mão de obra, reduz o gasto de energia, diminui a compactação do solo, melhora a distribuição do fertilizante, e melhora a utilização dos equipamentos de irrigação. Porém quando um pivô central é preparado para a quimigação o valor do investimento e o valor da depreciação anual é maior do que quando é apenas para a irrigação (KANEKO *et al.*, 2012).

3.6.1 Custos fixos

São os gastos que estão ligados diretamente à atividade produtiva da organização e que não variam independente da produção ou de sua comercialização final. Os custos fixos são debitados, de maneira independente do uso ou não das máquinas. Dessa forma, um trator, uma máquina, um implemento agrícola ou um pivô central, geram custos fixos desde o momento da sua aquisição (CREPALDI, 2010).

Assim, os custos fixos são usados nas realizações dos balanços pois, permite que as empresas tenham maior controle sobre as mudanças ou oscilações financeiras que ocorrem no mercado. De modo que, são custos que debitam de forma independente da sua utilização (MAHER, 2010).

3.6.1.1 Depreciação

Os bens, em sua maioria, sofrem perda de eficiência produtiva e de valor com o decorrer do tempo, por causa do desgaste ou da obsolescência tecnológica. Dessa forma, essa perda representa um gasto para a empresa a qual é conhecida como custo de depreciação. Um dos grandes problemas da gestão dos equipamentos e instrumentos agrícolas é a determinação do valor destes bens com mais de um ano de atividade, denominado como depreciação de bens duráveis (HIRSCHFELD, 1992).

Segundo Hirschfeld (1992), a depreciação é a redução do valor de um bem, de caráter real ou contábil, a depreciação ocorre em função do tempo, independente do uso. A depreciação real é caracterizada pela diminuição efetiva do valor de um bem, acarretada pelo desgaste de uso, ação da natureza ou obsolescência. Já a depreciação contábil é marcada pela diminuição em valores contábeis em relação ao tempo de aquisição e o instante em que se calcula os gastos resultantes de desgaste físico ou obsolescência.

3.6.1.2 Juros sobre capital

Juros sobre capital é a retenção dos juros do produto, ou seja, o capital investido na compra do maquinário agrícola deve ser registrado retendo juros à base semelhante do que se é obtido quando esse capital é colocado no mercado, sendo comparada de forma direta com o capital. Hodiernamente, o Governo Federal oferece linhas de crédito e uma menor taxa de juros fixo ao ano para o produtor rural que almeja comprar equipamentos agrícolas como máquinas e tratores (FETT, 2005).

3.6.1.3 Abrigo

O Abrigo, conhecido também como alojamento, compreende os custos com a estrutura e equipamentos usados para abrigar as máquinas e seus implementos. Máquinas e equipamentos uma vez mantidos sobre abrigo, quando estiverem fora de atividade, possuem vida útil maior e uma maior facilidade de realizar-se reparos em situações climáticas adversas, além de uma maior proteção aos danos causados pelo tempo. Com isso, é gerado um custo para a empresa e equivale a um gasto anual de

manutenção, depreciação e juros sobre capital investido na instalação utilizada (OLIVEIRA, M. D. M., 2000).

3.6.1.4 Seguro

Seguro é um custo anual utilizado para cobrir possíveis danos imprevisíveis, sejam eles parciais ou totais que as máquinas, equipamentos e implementos (que se configuram em bens) estão sujeitos. Dessa forma, o seguro é uma taxa anual que o proprietário deve pagar a seguradoras ou a poupança que constituirá o valor visando ressarcir os riscos de danos que poderão ocorrer, deste modo reduz eventuais problemas com prejuízos aos bens assegurados (OLIVEIRA, M. D. M., 2000).

3.6.2 Custos variáveis

Segundo Leone (2010), os custos de qualquer natureza relacionados com o valor da produção podem ser considerados custos variáveis e o montante será determinado pelo montante de produção, ou seja, os custos variáveis vão depender da quantidade de vezes que uma máquina é utilizada.

De acordo com Aaker (2007), os valores dos custos variáveis recaem diretamente no preço final dos produtos e, por esse motivo, seu registro deve ser feito de forma objetiva a fim de se possuir um controle maior sobre as informações e finanças para que a organização possa tomar melhores decisões e atingir um lucro real.

3.6.2.1 Combustível

O custo referente ao combustível é um dos gastos de mais difícil previsão, visto que depende de vários fatores como o tipo de operação a ser realizada, da potência desta, do consumo final, do preço do combustível e da potência do motor. O valor final é calculado por intermédio da medição de consumo por hora, podendo utilizar sensores para identificar, por meio de estimativas específicas ou contar com a sugestão de fábrica. Com a determinação do valor de consumo, é possível multiplicá-lo pelo preço unitário do combustível e assim obter o valor final (MOREIRA, 1973).

Entretanto, existem diversas maneiras de estimar o consumo médio de combustível. Sendo, que dependendo da potência do motor, a constante pode variar entre 0,151 e 0,164. Para tratores acima de 200 CV (cavalo-por) a constante deve ser 0,164, já para tratores abaixo de 200 CV (cavalo-vapor) a constante deve ser 0,151 (MOREIRA, 1973).

3.6.2.2 *Lubrificante*

Segundo Oliveira (2000), a quantidade de Lubrificantes gastos por hora depende da potência e do tipo do trator, uma vez que é determinada a capacidade dos reservatórios e a periodicidade em horas em que é necessário e devem ser substituídos estes lubrificantes, é possível estimar o valor de consumo de lubrificante do motor.

3.6.2.3 *Graxa*

As graxas são compostas de caráter lubrificante semi sólido, que são constituídos por uma mistura de óleo, aditivos e agentes engrossadores. A graxa é utilizada onde o uso de óleos não é recomendado. Assim, como os demais custos variáveis, o custo com a graxa também irá influenciar diretamente no preço final dos produtos (MOURA,1975).

3.6.2.4 *Manutenção*

A conservação do maquinário e demais equipamentos é definida, segundo Noronha (1991), como o conjunto de métodos que visam a sua confiabilidade operacional. Os custos de manutenção abrangem também os itens de abrigo, serviços de apoio no campo e outros custos. No total, estes gastos concebem cerca de 10% e 20% do custo-hora dos tratores agrícolas. A vida útil ou econômica da máquina varia muito em função do tipo de máquina utilizado e da sua manutenção. As despesas com a manutenção abrangem a manutenção preventiva e a manutenção corretiva.

3.6.2.5 *Mão de obra*

Os custos com a mão de obra referem-se aos gastos com funcionários, que implicam sua força de trabalho de forma direta ou indireta. O custo da mão de obra do operador é um destes salários. Estes custos, bem como os benefícios relacionados à mão de obra, devem ser contabilizados no cálculo de custo operacional das máquinas (MEGLIORINI, 2007).

3.6.2.6 *Consumo de energia*

O custo de consumo de energia elétrica é um gasto cujo valor final depende diretamente de vários fatores como tempo de funcionamento do aparelho, potência do motor, preço em kwh^{-1} , impostos, tarifa local, taxas, dentre outros, os quais devem ser levados em consideração para evitar consumo desnecessário de energia. A demanda de potência e o consumo de energia compõem e definem as tarifas de energia elétrica. O grupo B é composto por consumidores que necessitam de tensão inferior a 2,3 kV, o subgrupo B2 compreende a classe rural, que abrange várias subclasses, como agropecuária por exemplo (TURCO; OLIVEIRA; CARLETO, 2015).

4 METODOLOGIA

4.1 Levantamento dos parâmetros iniciais do projeto

Para dar início ao estudo, foi necessário obter os seguintes parâmetros iniciais, como, as dimensões do terreno, as características da cultura, o valor cobrado pelo uso de água na região, a tarifa de energia cobrada no local, atentando-se também para a necessidade de incorporação mecânica de determinados produtos. Além disso, foi necessário escolher o pivô central adequado levando em conta as suas características, o tipo de trator e o tipo de implemento mais indicado para a utilização na pulverização terrestre.

Outrossim, fez-se extremamente importante considerar os custos fixos e variáveis de cada método de aplicação, que podem ser determinados por meio de pesquisas com o intuito de optar pelas melhores opções possíveis em cada circunstância. Levando em consideração situações hipotéticas para cada método. Nas quais, as simulações realizadas com cada tipo de aplicação têm em comum as mesmas características de terreno, área e cultura. De modo que, a hipótese adotada neste estudo é que a quimigação é mais viável que o método convencional tratorizado, dependendo da quantidade de aplicações anuais.

4.1.1 Dimensões do terreno

Para a realização do presente projeto, foi necessário criar uma situação fictícia, pois o propósito preponderante deste trabalho foi realizar um estudo de custos teórico. Dessa forma o experimento prático, não se fez necessário, visto que, o mesmo não expressa o objetivo principal. Portanto, foi suposto que a área hipotética compreendesse 66 hectares (valor definido aleatoriamente) e estivesse localizada na região do Vale do Jaguaribe, próximo a bacia do rio Jaguaribe e dando importância às condições e às características da região.

Considerou-se que o terreno abrangesse uma área tida como plana e sem deformidades. Esta localidade foi escolhida a título de ilustração, por ser também um dos principais polos da agricultura no Ceará. Além disso, na região do Jaguaribe já há plantações de soja, e também em regiões vizinhas como, Limoeiro do Norte, que é uma das pioneiras no Estado no cultivo desta cultura. Dessa forma foi possível basear-

se em valores e dados reais de plantações similares a da hipótese a abordada neste estudo.

4.1.2 Características da cultura e do solo

A soja foi a cultura selecionada para ser explanada e ilustrada no estudo, devido à grande quantidade de cultivos desta na região do Vale do Jaguaribe, e portanto torna-se mais viável obter informações e dados, como também facilita a observação de experiências já realizadas, por isso é possível obter uma perspectiva mais análoga e mais tangível da realidade.

Os solos cearenses são rasos e pedregosos, sendo que a fertilidade varia em relação e em razão da profundidade e de suas propriedades químicas. Já os solos de Jaguaribe são os mais característicos do semiárido regional, configurando um mosaico bem diversificado, onde a predominância é dos Neossolos Litólicos, dos Luvisolos Crômico e dos Planossolos, marcadamente acompanhados por afloramentos rochosos. A alocação dessas classes de solo varia de acordo com o grau de dissecação das colinas sertanejas.

4.1.3 Tarifa de água e tarifa de energia

Um dos parâmetros iniciais para desenvolver o estudo foi conhecer as tarifas cobradas pela água e pela energia na localidade. A companhia responsável por coletar a tarifa de água dos agricultores na região do Vale do Jaguaribe é a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), a taxa paga é de 0,30 reais por metro cúbico. Já a tarifa de energia, é coletada pela ENEL (*Ente nazionale per l'energia elettrica*). O valor da tarifa de energia é de 0,139 reais por kwh para a classe rural.

4.2 Custo operacional do trator e do implemento

O trator escolhido para o desenvolvimento do estudo é o trator do modelo Massey Ferguson da série 4292. A escolha foi baseada na necessidade estimada pelo estudo, de modo que se procurou um trator que atendesse de forma adequada a área, a plantação e fosse adequado para acoplar o implemento de pulverização. Desse modo, o trator que melhor se enquadrou nos critérios exigidos foi o trator do modelo

Massey Ferguson da série 4292, pois conta com simplicidade, robustez, possui um motor AGCO Power 3 cilindros, com capacidade hidráulica de levante de 3.800 kgf e vazão máxima de 75 L.min⁻¹.

Já o implemento selecionado foi o Pulverizador Hidráulico Cross 2.200 AM14, pois este atende a necessidade de capacidade desejada, que é de 2.000 L e com isso, garante mais tempo em atividade. Além disso, possui barra hidráulica automatizada que dispensa a necessidade de força manual para abrir e levantar as barras.

A Tabela 1 dispõe sobre o uso e vida útil médios de máquinas agrícolas, sendo fonte e base de dados para o desenvolvimento do custo operacional do trator e o implemento e em sua totalidade contribui para a formação do custo operacional tratorizado

Tabela 1 - Uso e vida útil médios das máquinas agrícolas

Informações	Vida útil (anos)	Horas/ano
Arado fixo (3 disco 26" ou 4 discos 28")	7	480
Carreta - tanque, 2000 L	10	480
Colhedora de milho (20-30 sc/hora)	10	480
Conj. De pulverização, 600 L, c/ ou s/ba	10	480
Cultivador/adubadora	10	320
Escarificador, 7 enxadas	5	480
Grade, aradora e niveladora	7	200
Harvester	5 – 8	5.000
Plaina traseira	10	160
Pulverizador c/ tanque 2.000 L	10	320
Roçadora	10	400
Semeadora	10	360
Subsolador	7	200
Sulcador	5	240
Trator de pneus	10	1.000
Trator de esteira	10	1.000

Fonte: Tabela Adaptada do Instituto de Economia Agrícola e FERNANDES, H. C., 2020

4.2.1 Custos Fixos do Trator

Os custos fixos do trator são compostos pela depreciação, pelos juros sobre capital, pelo abrigo e pelo seguro. Aplicando os valores de cada uma destas

variáveis em uma equação adequada, é possível obter o valor dos custos fixos do trator. Os custos fixos do trator podem ser encontrados por meio da Equação 1.

$$CFT = DT + JSCT + AT + ST \quad (1)$$

Em que:

CFT = Custos Fixos do Trator em R\$.h⁻¹;

DT = Depreciação do Trator em R\$.h⁻¹;

JSCT = Juros Sobre Capital do Trator em R\$.h⁻¹;

AT = Abrigo do Trator em R\$.h⁻¹;

ST = Seguro do Trator em R\$.h⁻¹.

Os montantes referentes a cada uma das variáveis citadas anteriormente estão disponíveis para a observação na Tabela 03. Entretanto, esses valores só podem ser alcançados após a determinação dos resultados de cada uma dessas variáveis. Sendo assim necessário calculá-las primeiramente, para então dar início ao desenvolvimento do estudo.

4.2.1.1 Depreciação do Trator

A depreciação do trator pode ser estimada por meio de diversos métodos, sendo que o método da linha reta é o mais simples de ser utilizado. Quando se opta por fazer uso deste método, o mesmo resulta em uma depreciação anual constante do trator durante a vida útil do mesmo.

No método de linha reta, o valor em reais de sucata do trator, considera 10% do valor em reais de aquisição do trator, levando em consideração as horas trabalhadas pela máquina por ano e a vida útil. Dessa forma, o valor da depreciação é encontrado através da Equação 2.

$$DT = \left(\frac{Vat - Vst}{Vut * Htat} \right) \quad (2)$$

Em que:

DT = Depreciação do Trator (R\$.h⁻¹);

Vat = Valor de aquisição do trator (R\$);
 Vst = Valor de sucata do trator em (R\$);
 Vut = Vida útil do trator (anos);
 Htat = Horas trabalhadas por ano do trator (h).

4.2.1.2 Juros Sobre Capital do Trator

Os juros sobre capital do trator são na maioria das vezes juros simples e são calculados sobre o capital médio investido. Sendo considerada a taxa da caderneta da poupança e obtendo a taxa de juros ao ano em reais. Através da Equação 3 os juros sobre capital do trator podem ser definidos.

$$JSCT = \left(\frac{\left(\frac{Vat + Vst}{2} \right) * TJt}{Htat} \right) \quad (3)$$

Em que:

JSCT = Juros Sobre Capital do Trator (R\$.h⁻¹);
 Vat = Valor de aquisição do Trator (R\$);
 Vst = Valor de sucata do trator (R\$);
 TJt = Taxa de Juros do trator (%);
 Htat = Horas trabalhadas por ano do trator (R\$.h⁻¹).

4.2.1.3 Abrigo do Trator

Faz-se uma estimativa de maneira bem simples do custo anual com o abrigo do trator. Sendo necessário levar em consideração o valor de aquisição do trator, a quantidade de horas anual trabalhadas do trator e o índice anual do abrigo do trator. De maneira que, a Equação 4 é utilizada para determinar o abrigo do trator.

$$AT = \left(\frac{Vat * Iaat}{Htat} \right) \quad (4)$$

Em que:

AT = Abrigo do Trator (R\$.h⁻¹);

Vat = Valor de aquisição do Trator (R\$);

laat = Índice anual do abrigo do trator (%);

Htat = Horas trabalhadas por ano do trator (h).

4.2.1.4 Seguro do Trator

Para se obter o valor que corresponde ao seguro do trator, é necessário levar em consideração, o valor de aquisição do trator, as horas anuais trabalhadas pelo trator, e o índice anual do seguro. A expressão utilizada na Equação 5 representa o cálculo usado para encontrar o valor do seguro do trator.

$$ST = \left(\frac{Vat * Iast}{Htat} \right) \quad (5)$$

Em que:

ST = Seguro do Trator (R\$.h⁻¹);

Vat = Valor de aquisição do trator (R\$);

Iast = Índice anual do seguro do trator (%);

Htat = Horas trabalhadas por ano do trator (h).

4.2.2 Custos Variáveis do Trator

Os custos variáveis do trator são compostos por gastos como o combustível, o lubrificante, a graxa, a manutenção e a mão de obra. Aplicando os valores destas variáveis na Equação 6 encontra-se possível o valor total dos custos variáveis do trator.

$$CVT = CT + LT + GT + MT + MOT \quad (6)$$

Em que:

CVT = Custos Variáveis do Trator (R\$.h⁻¹);

CT = Combustível do Trator (R\$.h⁻¹);
 LT = Lubrificante do Trator (R\$.h⁻¹);
 GT = Graxa do Trator (R\$.h⁻¹);
 MT = Manutenção do Trator (R\$.h⁻¹);
 MOT = Mão de obra do Trator (R\$.h⁻¹).

Entretanto, esse valor só é alcançado após a determinação dos resultados de cada uma dessas variáveis. Sendo assim necessário calculá-las inicialmente para só então dar início ao desenvolvimento do estudo.

4.2.2.1 Combustível do Trator

Dependendo da potência do motor, a constante utilizada na Equação que expressa o valor do custo do combustível, pode variar entre 0,151 e 0,164. Sendo que para tratores acima de 200 HP o consumo em litros por hora é de 0,164. Já para tratores abaixo de 200 HP o consumo em litros por hora é de 0,151. Além disso, é necessário levar em consideração o custo do litro do Diesel e a potência do motor. O valor do custo do combustível do trator é encontrado usando a Equação 7.

$$CT = (Vld * cc * PMt) \quad (7)$$

Em que:

CT = Combustível do Trator (R\$.h⁻¹);
 Vld = Valor do litro do diesel (R\$);
 cc = constante do combustível
 PMt = Potência do motor do trator (cv).

4.2.2.2 Lubrificante do Trator

De modo bem simplificado é possível estimar o valor do consumo de lubrificante do motor do trator, mas para isso, é preciso levar em consideração a potência do motor do trator e o custo do litro do óleo. O custo do lubrificante é identificado pela Equação 8.

$$LT = 0,00043 * VII * (PMt + 0,02169) \quad (8)$$

Em que:

LT = Lubrificante do Trator (R\$.h⁻¹);

VII = Valor do Litro do Lubrificante (R\$);

PMt = Potência do Motor (cv).

4.2.2.3 Graxa do Trator

Assim, como os demais custos variáveis, o custo com a graxa também influencia diretamente no preço final dos produtos. De modo que, para determinar o custo da graxa do trator é levado em conta o valor do litro de graxa e a constante 0,05 kg.h⁻¹. Dessa maneira, o custo da graxa é determinado por intermédio da Equação 9.

$$GT = 0,05 * Vg \quad (9)$$

Em que:

GT = Graxa do Trator (R\$.h⁻¹);

Vg = Valor da graxa (R\$).

4.2.2.4 Manutenção do Trator

As despesas com a manutenção do trator abrangem a manutenção preventiva e a manutenção corretiva. Através da Equação 10 é possível definir o custo da manutenção do trator. Sendo, essencial para o desenvolvimento da Equação considerar a taxa de manutenção, o valor de aquisição do trator e as horas trabalhadas anualmente do trator.

$$MT = \frac{Tmt * Vat}{Htat} \quad (10)$$

Em que:

MT = Manutenção do Trator (R\$.h⁻¹);

Tmt: Taxa de manutenção do trator (%);

Vat = Valor de aquisição do trator (R\$);

Htat = Horas trabalhadas por ano do trator (h).

4.2.2.5 Mão de Obra do Trator

O custo da mão de obra do trator é definido dando importância a algumas variáveis, como, o valor do salário mensal do operador, a porcentagem das taxas e dos encargos sociais cobradas sobre o salário e a quantidade de horas trabalhadas por ano do operador. A Equação 11 é empregada para obter o custo da mão de obra do trator.

$$MOT = \frac{(SMO * 12) + (SMO * 12 * TES)}{Htao} \quad (11)$$

Em que:

MOT = Mão de Obra do Trator (R\$.h⁻¹);

SMO = Salário Mensal do Operador (R\$);

TES = Taxas e Encargos Sociais (%);

Htao = Horas trabalhadas por ano do operador (h).

4.2.3 Custos Fixos do Pulverizador

Os custos fixos do pulverizador são compostos pela depreciação, pelos juros sobre capital, pelo abrigo e pelo seguro. Aplicando os respectivos valores destas variáveis na Equação 12 encontra-se o valor total dos custos fixos do pulverizador.

$$CFP = DP + JSCP + AP + SP \quad (12)$$

Em que:

CFP = Custos Fixos do Pulverizador (R\$.h⁻¹);

DP = Depreciação do Pulverizador (R\$.h⁻¹);

JSCP = Juros Sobre Capital do Pulverizador (R\$.h⁻¹);

AP = Abrigo do Pulverizador (R\$.h⁻¹);

SP = Seguro do Pulverizador (R\$.h⁻¹).

Porém, para alcançar o objetivo da Equação, faz-se necessário inicialmente calcular e obter os resultados das variáveis citadas anteriormente.

4.2.3.1 Depreciação do Pulverizador

A depreciação do pulverizador pode ser estimada por meio do método de linha reta, é preciso atentar-se para a vida útil, o valor de sucata, o valor aquisição e as horas trabalhadas por ano. De modo que, o valor da depreciação do pulverizador é encontrado pela Equação 13.

$$DP = \left(\frac{Vap - Vsp}{Vup * Htap} \right) \quad (13)$$

Em que:

DP = Depreciação do Pulverizador (R\$.h⁻¹);

Vap = Valor de aquisição do pulverizador (R\$);

Vsp = Valor de sucata do pulverizador (R\$);

Vup = Vida útil do pulverizador (anos)

Htap = Horas trabalhadas por ano do pulverizador (h).

4.2.3.2 Juros Sobre Capital do Pulverizador

Para calcular os juros sobre capital do pulverizador, é necessário levar em consideração o valor de aquisição, o valor de sucata, a taxa de juros e a quantidade de horas trabalhadas por ano. Os juros sobre capital do pulverizador podem ser definidos pela Equação 14.

$$JSCP = \left(\frac{\left(\frac{Vap + Vsp}{2} \right) * TJp}{Htap} \right) \quad (14)$$

Em que:

JSCP = Juros Sobre Capital do Pulverizador (R\$.h⁻¹);

Vap = Valor de aquisição do pulverizador (R\$);

Vsp = Valor de sucata do pulverizador (R\$);

TJp = Taxa de Juros do pulverizador (%);

Htap = Horas trabalhadas por ano do pulverizador (h).

4.2.3.3 *Abrigo do Pulverizador*

Para realização do cálculo do custo do abrigo do pulverizador. É essencial levar em consideração o valor de aquisição, a quantidade de horas trabalhadas e o índice anual do abrigo. De maneira que, por meio da Equação 15 é possível determinar o custo do abrigo do pulverizador.

$$AP = \left(\frac{Vap * Iaap}{Htap} \right) \quad (15)$$

Em que:

AP = Abrigo do Pulverizador (R\$.h⁻¹);

Vap = Valor de aquisição do pulverizador (R\$);

Iaap = Índice anual do abrigo do pulverizador (%);

Htap = Horas trabalhadas por ano do pulverizador(h)

4.2.3.4 *Seguro do Pulverizador*

O custo do seguro do pulverizador pode ser encontrado levando em conta, o valor de aquisição, a hora trabalhada, e o Índice Anual. A expressão utilizada na Equação 16 representa o cálculo usado para encontrar o valor do seguro do pulverizador.

$$SP = \left(\frac{Vap * Iasp}{Htap} \right) \quad (16)$$

Em que:

SP = Seguro do Pulverizador (R\$.h⁻¹);

Vap = Valor de aquisição do pulverizador (R\$);

Iasp = Índice anual do seguro do pulverizador (%);

Htap = Horas trabalhadas por ano do pulverizador (h)

4.2.4 Custos Variáveis do Pulverizador

Os custos variáveis do pulverizador são compostos por gastos com a graxa utilizada e os gastos com manutenção. Sendo necessário aplicar os valores destas variáveis na Equação 17 para estimar os custos variáveis do pulverizador.

$$CVP = GP + MP \quad (17)$$

Em que:

CVP = Custos Variáveis do Pulverizador (R\$.h⁻¹);

GP = Graxa do Pulverizador (R\$.h⁻¹);

MP = Manutenção do Pulverizador (R\$.h⁻¹).

Porém, para alcançar o objetivo da Equação, faz-se necessário inicialmente calcular e obter os resultados das variáveis citadas anteriormente.

4.2.4.1 Graxa do Pulverizador

O custo da graxa utilizada no pulverizador pode ser determinado por intermédio da Equação 18. Levando em conta o valor do litro de graxa e a constante 0,05 kh.h⁻¹, obtém-se o custo da graxa do pulverizador.

$$GP = 0,05 * Vg \quad (18)$$

Em que:

GP = Graxa do Pulverizador (R\$.h⁻¹);

Vg = Valor da graxa (R\$).

4.2.4.2 *Manutenção do Pulverizador*

Através da Equação 19 é possível determinar o custo da manutenção do pulverizador. Mas, para isso é imprescindível levar em consideração a taxa de manutenção, o valor de aquisição e quantidade de horas trabalhadas do pulverizador.

$$MP = \frac{Tmp * Vap}{Htap} \quad (19)$$

Em que:

MP = Manutenção do Pulverizador (R\$.h⁻¹);

Tmp: Taxa de manutenção do pulverizador (%)

Vap = Valor de aquisição do pulverizador (R\$.h⁻¹);

Htap = Horas trabalhadas por ano do pulverizador (h).

4.2.5 *Custo Operacional Tratorizado Total*

O custo operacional tratorizado total é mensurado por intermédio da soma do custo operacional do trator, que é formado pelos custos fixos e custos variáveis do trator, mas o custo operacional do pulverizador, que é composto pelos custos fixos e variáveis do pulverizador. Através da Equação 20 pode se obter o resultado correspondente ao custo operacional tratorizado total.

$$COTT = CFT + CVT + CFP + CVP \quad (20)$$

Em que:

COTT = Custo Operacional Tratorizado Total (R\$.h⁻¹);

CFT = Custos Fixos do Trator (R\$.h⁻¹);

CVT = Custos Variáveis do Trator (R\$.h⁻¹);

CFI = Custos Fixos do Pulverizador (R\$.h⁻¹);

CVI = Custos Variáveis do Pulverizador (R\$.h⁻¹);

4.2.5.1 Capacidade de Campo Operacional Total do Método Tratorizado

A capacidade de campo operacional total do método tratorizado é estabelecida por meio da Equação 21, sendo que esta representa a quantidade de hectares por hora que o trator em conjunto com o pulverizador irá trabalhar. No entanto, para encontrar a capacidade de campo operacional total do método tratorizado, é preciso levar em consideração a velocidade do trator, a largura média de trabalho do pulverizador e a eficiência do trator. E por fim, dividir o valor obtido por 10, para que assim seja realizada a transformação de medida. Por meio da Equação 21 encontrou-se a capacidade de campo operacional total do método tratorizado.

$$CCOTT = \left(\frac{VT * Lmtp * ET}{10} \right) \quad (21)$$

Em que:

CCOTT: Capacidade de Campo Operacional Total do Método Tratorizado (ha.h⁻¹);

VT: Velocidade do Trator (km.h);

Lmtp: Largura média do trabalho do pulverizador (m);

ET = Eficiência do Trator (%).

Após efetuar o cálculo da Equação 21 e encontrar a capacidade de campo operacional total do método tratorizado, é preciso dividir o resultado obtido pelo custo horário tratorizado total, para que dessa maneira, seja possível encontrar o custo operacional tratorizado final em reais por hectare. Conforme a Equação 22.

$$COTF = \left(\frac{CHTT}{CCOTT} \right) \quad (22)$$

Em que:

COTF = Custo Operacional Tratorizado Final (R\$.ha⁻¹);

CHTT = Custo Horário Tratorizado Total (R\$.h⁻¹);;

CCOTT = Capacidade de Campo Operacional Total do Método Tratorizado (ha.h⁻¹).

4.3 Custo Operacional do Pivô Central e do Sistema de Injeção

O pivô central escolhido para o desenvolvimento do estudo é do modelo Valmatic. A escolha foi baseada na necessidade estabelecida pelo estudo, de modo que atendesse de forma adequada a área estimada. Desse modo, o pivô central do modelo Valmatic se enquadrou perfeitamente nos critérios exigidos, pois segundo suas características técnicas é ideal para irrigar uma área de 66 ha.

Além disso, esse pivô central possui comprimento de raio de 458,35 m, conta com 9 torres, leva 15 horas para realizar 100% de revolução, a vazão é de cerca de 300 m³.h⁻¹. Tendo 9 moto redutores (cinco de 1,5 cv localizados no final do pivô central, e quatro de 1,0 cv), já a pressão exercida no ponto do pivô é de 411,9 kPa. Ademais, a tubulação de recalque é de 200 mm, e a tubulação de sucção é de 250 mm, já a potência do motor é de 60 cv, e o modelo da bomba é KSB 125 – 315 (1.750).

Já o injetor selecionado foi a moto bomba de pistão MBA – 500 chassis, que conta com um motor de 4 cv trifásico 380 V com 4 terminais, uma conexão do motor para a bomba mais uma polia de 125 mm, um monitor de condutividade elétrica CM30K com sonda e um painel de acionamento de 4 cv também 380 V trifásico que comporta um potenciômetro e um inversor de frequência.

A Tabela 2, que contém um orçamento, foi baseada nos valores fornecidos pela empresa Terra Molhada Irrigação e dispõe sobre os dados e os valores da moto bomba. Sendo, fonte e base de dados para o desenvolvimento do custo operacional do pivô central e do sistema de injeção, que em sua totalidade contribui para a formação do custo operacional do sistema de quimigação.

Tabela 2 - Orçamento do sistema de injeção em (R\$)

Informações	Quant.	Unitário (R\$)	Total (R\$)
Motobomba de pistão MBA - 500 chassis	1	8.945,93	8.945,93
Motor 4 cv trifásico 380 V 4 polos	1	1.715,07	1.715,07
Conexão motor/ bomba + polia 125 mm	1	1.143,38	1.143,38
Monitor de condutividade elétrica CM230 K com sonda	1	3.059,68	3.059,68
Painel de acionamento 4 cv 380 trifásico	1	13.491,88	13.491,88
Reservatório de Polietileno 1.000 L	1	720,00	720,00
Total			29.075,94

Fonte: Terra Molhada Irrigação, 2022

4.3.1 Custos Fixos do Pivô Central

Os custos fixos do pivô central são compostos pela depreciação, pelos juros sobre capital e pelo seguro. Sendo necessário aplicar os valores referentes à essas variáveis na Equação para encontrar o valor total dos custos fixos do pivô central. Dessa maneira, o custo fixo do pivô central é calculado utilizando a Equação 23.

$$CFPC = DPC + JSCPC + SPC \quad (23)$$

Em que:

CFPC = Custos Fixos do Pivô Central (R\$.h⁻¹);

DPC = Depreciação do Pivô Central (R\$.h⁻¹);

JSCPC = Juros Sobre Capital do Pivô Central (R\$.h⁻¹);

SPC = Seguro do Pivô Central (R\$.h⁻¹);

Entretanto, para que seja alcançado o objetivo da Equação anterior, é indispensável fazer inicialmente a aquisição dos resultados das variáveis que compõem os custos fixos.

4.3.1.1 Depreciação do Pivô Central

A depreciação do pivô central deve ser calculada por meio do método de linha reta, considerando a vida útil, o valor de sucata, o valor de aquisição e as horas trabalhadas por ano. Assim, é possível encontrar o custo de depreciação do pivô central por meio da Equação 24.

$$DPC = \left(\frac{V_{apc} - V_{spc}}{V_{upc} * H_{tapc}} \right) \quad (24)$$

Em que:

DPC = Depreciação do Pivô Central (R\$.h⁻¹);

V_{apc} = Valor de aquisição do pivô central (R\$);

V_{spc} = Valor de sucata do pivô central (R\$);

V_{upc} = Vida útil do pivô central (anos);

H_{tapc} = Horas trabalhadas por ano do pivô central (h).

4.3.1.2 Juros Sobre Capital do Pivô Central

Os juros sobre o capital do pivô central são estimados por intermédio da Equação 25. De modo, que para desenvolver a Equação é necessário dar importância ao valor de aquisição, ao valor de sucata, a taxa de juros e a quantidade de horas trabalhadas por ano.

$$JSCPC = \left(\frac{\left(\frac{V_{apc} + V_{spc}}{2} \right) * TJpc}{H_{tapc}} \right) \quad (25)$$

Em que:

JSCPC = Juros Sobre Capital do Pivô Central (R\$.ha⁻¹);

V_{apc} = Valor de aquisição do pivô central (R\$);

V_{spc} = Valor de sucata do pivô central (R\$);

TJpc = Taxa de Juros do pivô central (%);

H_{tapc} = Horas trabalhadas por ano do pivô central (h).

4.3.1.3 Seguro do Pivô Central

Para estimar o custo do seguro do pivô central é primordial ter em conta, o valor de aquisição, a hora trabalhada e o índice anual sobre o valor de aquisição, obtendo assim o custo do seguro do pivô central. O custo do seguro por hora do pivô central pode ser encontrado através da Equação 26.

$$SPC = \left(\frac{V_{apc} * I_{apc}}{H_{tapc}} \right) \quad (26)$$

Em que:

SPC = Seguro do Pivô Central (R\$.h⁻¹);

V_{apc} = Valor de aquisição do pivô central (R\$);

I_{aspc} = Índice anual do seguro do pivô central (%);

H_{tapc} = Horas trabalhadas por ano do pivô central (h).

4.3.2 Custos Variáveis do Pivô Central

Os custos variáveis do pivô central são compostos pelos gastos com a manutenção, com a mão de obra e com o consumo de energia. Aplicando os valores destas variáveis na Equação 27, encontra-se o valor total dos custos variáveis do pivô central.

$$CVPC = MPC + MOPC + CEPC \quad (27)$$

Em que:

$CVPC$ = Custos Variáveis do Pivô Central (R\$.h⁻¹);

MPC = Manutenção do Pivô Central (R\$.h⁻¹);

$MOPC$ = Mão de obra do Pivô Central (R\$.h⁻¹);

$CEPC$ = Consumo de Energia do Pivô Central (R\$.h⁻¹).

4.3.2.1 Manutenção do Pivô Central

Para ponderar o custo da manutenção do pivô central, é importante levar em conta a taxa de manutenção, o valor de aquisição e a quantidade de horas trabalhadas. Dessa maneira, por intermédio da Equação 28, encontra-se o custo total da manutenção do pivô central.

$$MPC = \frac{T_{mpc} * V_{apc}}{H_{tapc}} \quad (28)$$

Em que:

MPC = Manutenção do Pivô Central (R\$.h⁻¹);

T_{mpc} = Taxa de manutenção do pivô central (%);

V_{apc} = Valor de aquisição do pivô central (R\$);

Htapc = Horas trabalhadas por ano do pivô central (h).

4.3.2.2 Mão de Obra do Pivô Central

Para obter o custo da mão de obra do pivô central, é preciso considerar algumas variáveis, como, o valor do salário mensal do operador por mês, a porcentagem das taxas e encargos sociais cobradas em cima do salário e a quantidade de horas trabalhadas por ano do operador. O custo da mão de obra do pivô central é identificado pela Equação 29.

$$MOPC = \frac{(SMO * 12) + (SMO * 12 * TES)}{Htao} \quad (29)$$

Em que:

MOPC = Mão de Obra do Pivô Central (R\$.h⁻¹);

SMO = Salário Mensal do Operador (R\$.h⁻¹);;

TES = Taxas e Encargos Sociais (%);

Htao = Horas trabalhadas por ano do operador (h).

4.3.2.3 Consumo de Energia do Pivô Central

O custo de consumo de energia depende de vários fatores como o tempo de funcionamento do aparelho, que nesse caso é o tempo de uso por aplicação, a quantidade de aplicações, a potência do motor e o valor da tarifa local. A demanda de potência e o consumo de energia compõem e definem as tarifas de energia elétrica, que nesse estudo é a classe B, subgrupo B2 (classe rural). Utiliza-se a Equação 30 para estimar consumo de energia do pivô central.

$$CEPC = PMpc * Na * Ta * Vtl \quad (30)$$

Em que:

CEPC = Consumo de Energia do Pivô Central (R\$.h⁻¹);

PMpc = Potência do Motor do pivô central (cv);

Na = Número de aplicações;
 Ta = Tempo de aplicação (h);
 Vtl = Valor da tarifa local.

4.3.3 Custos Fixos do Sistema de Injeção

Os custos fixos do sistema de injeção são constituídos pela depreciação, pelos juros sobre capital e pelo seguro. Aplicando os valores destas variáveis na Equação 31 é possível encontrar o valor total dos custos fixos do sistema de injeção.

$$CFSI = DSI + JSCSI + S \quad (31)$$

Em que:

CFSI = Custos Fixos do Sistema de Injeção (R\$.h⁻¹);
 DSI = Depreciação do Sistema de Injeção (R\$.h⁻¹);
 JSCSI = Juros Sobre Capital do Sistema de Injeção (R\$.h⁻¹);
 SSI = Seguro do Sistema de Injeção (R\$.h⁻¹).

4.3.3.1 Depreciação do Sistema de Injeção

A depreciação do sistema de injeção é calculada por meio do método de linha reta. Para desenvolver essa equação é preciso levar em conta a vida útil, o valor de sucata, o valor de aquisição e as horas trabalhadas por ano. Assim, a Equação 32 é empregada para obter o custo de depreciação do sistema de injeção.

$$DSI = \left(\frac{Vasi - Vssi}{Vusi * Htasi} \right) \quad (32)$$

Em que:

DSI = Depreciação do Sistema de Injeção (R\$.h⁻¹);
 Vasi = Valor de aquisição do sistema de injeção (R\$);
 Vssi = Valor de sucata do sistema de injeção (R\$);
 Vusi = Vida útil do sistema injeção (anos);

Htasi = Horas trabalhadas por ano do sistema de injeção (h).

4.3.3.2 Juros Sobre Capital do Sistema de Injeção

Os juros sobre o capital do sistema de injeção são estimados por intermédio da Equação 33. Sendo necessário levar em consideração o valor de aquisição do sistema, o valor de sucata, a taxa de juros e a quantidade de horas trabalhadas por ano.

$$JSCSI = \left(\frac{\left(\frac{Vasi + Vs}{2} \right) * TJsi}{Ht} \right) \quad (33)$$

Em que:

JSCSI = Juros Sobre Capital do Sistema de Injeção (R\$.ha⁻¹);

Vasi = Valor de aquisição do sistema de injeção (R\$);

Vst = Valor de sucata do sistema de injeção (R\$);

TJsi = Taxa de Juros do sistema injeção (%)

Htasi = Horas trabalhadas por ano do sistema injeção (h).

4.3.3.3 Seguro do Sistema de Injeção

O custo do seguro do sistema de injeção pode ser encontrado através da Equação 34. Levando em conta, o valor de aquisição, a quantidade de horas trabalhadas, e o índice anual sobre o valor de aquisição, obtendo assim o custo do seguro do sistema de injeção.

$$SSI = \left(\frac{Vasi * Iassi}{Htasi} \right) \quad (34)$$

Em que:

SSI = Seguro do Sistema de Injeção (R\$.h⁻¹);

Vasi = Valor de aquisição do sistema de injeção (R\$);

Iassi = Índice anual do seguro do sistema de injeção (%);

Htasi = Horas trabalhadas por ano do sistema de injeção (h).

4.3.4 Custos Variáveis do Sistema de Injeção

Os custos variáveis do sistema de injeção são formados pelos gastos com a manutenção e pelo consumo de energia. Aplicando os valores destas variáveis na Equação 35 encontra-se o valor total dos custos variáveis do sistema de injeção.

$$CVSI = MSI + CESI \quad (35)$$

Em que:

CVSI = Custos Variáveis do Sistema de Injeção (R\$.h⁻¹);

MSI = Manutenção do Sistema de Injeção (R\$.h⁻¹);

CESI = Consumo de Energia do Sistema de Injeção (R\$.h⁻¹).

4.3.4.1 Manutenção do Sistema de Injeção

Para indicar o custo da manutenção do sistema de injeção, é essencial levar em consideração a taxa de manutenção, o valor de aquisição, e a horas trabalhadas por ano. Dessa maneira, encontra-se o custo da manutenção do sistema de injeção por intermédio da Equação 36.

$$MSI = \frac{T_{msi} * V_{asi}}{H_{tasi}} \quad (36)$$

Em que:

MSI = Manutenção do Sistema de Injeção (R\$.h⁻¹);

T_{msi}: Taxa de manutenção do sistema de injeção (%);

V_{at} = Valor de aquisição do sistema de injeção (R\$);

H_{tasi} = Horas trabalhadas por ano do sistema de injeção (h).

4.3.4.2 Consumo de Energia do Sistema de Injeção

O custo do consumo de energia do sistema de injeção advém de diversos fatores, a exemplo, o tempo de funcionamento do aparelho, que neste contexto é o tempo de uso por cada aplicação, a potência do motor e o valor da tarifa local, que no

Estado Ceará é 0,139. Desse modo, utiliza-se a Equação 37 para estimar o consumo de energia do sistema de injeção.

$$CESI = PMsi * Na * Ta * Vtl \quad (37)$$

Em que:

CESI = Consumo de Energia do Sistema de Injeção (R\$.h⁻¹);

PMsi = Potência do Motor do sistema de injeção (cv)

Na = Número de aplicações;

Ta = Tempo de aplicação (h);

Vtl = Valor da tarifa local (R\$).

4.3.5 Custo Operacional do Sistema de Quimigação

O custo operacional do sistema de quimigação é constituído pela soma do custo operacional do pivô central, que é formado pelos custos fixos e variáveis do pivô central, mais o custo operacional sistema de injeção, que é composto pelos custos fixos e variáveis do sistema de injeção. Cabe salientar, outrossim, que o injetor em questão é uma motobomba de pistão. Desse modo, através da Equação 38 obtém-se o custo operacional do sistema de quimigação.

$$COSQ = CFPC + CVPC + CFSI + CVSI \quad (38)$$

Em que:

COSQ = Custo Operacional do Sistema de Quimigação (R\$.h⁻¹);

CFPC = Custos Fixos do Pivô Central (R\$.h⁻¹);

CVPC = Custos Variáveis do Pivô Central (R\$.h⁻¹);

CFSI = Custos Fixos do Sistema de Injeção (R\$.h⁻¹);

CVSI = Custos Variáveis do Sistema de Injeção (R\$.h⁻¹).

4.3.5.1 Capacidade de Campo Operacional Total do Pivô Central

A capacidade de campo operacional total do pivô central é estabelecida por meio da Equação 39, sendo que esta representa a quantidade de hectares por hora que o pivô central em conjunto com o sistema de injeção irá trabalhar. No entanto, para encontrar a capacidade de campo operacional total do pivô central, é preciso levar em consideração a área total que é equivalente e a quantidade de horas necessárias para dar uma volta completa do pivô central. Por meio da Equação 39 encontrou-se a capacidade de campo operacional total da quimigação.

$$CCOTPC = \left(\frac{AT}{VCPC} \right) \quad (39)$$

Em que:

CCOTPC = Capacidade de Campo Operacional Total do Pivô Central (ha.h⁻¹);

AT = Área Total (ha);

VCPC = Quantidade de horas necessárias para dar uma Volta Completa do Pivô Central (h).

Após efetuar o cálculo da Equação 39 e encontrar a capacidade de campo operacional total do pivô central, é preciso dividir o resultado obtido pelo custo horário do sistema de quimigação total, para que dessa maneira, seja possível encontrar o custo operacional final da quimigação em reais por hectare. Conforme a Equação 40.

$$COFQ = \left(\frac{CHSQT}{CCOTPC} \right) \quad (40)$$

Em que:

COFQ = Custo Operacional Final da Quimigação (R\$.ha⁻¹);

CHSQT = Custo Horário do Sistema de Quimigação Total (R\$.h⁻¹);

CCOTPC = Capacidade de Campo Operacional Total do Pivô Central (ha.h⁻¹).

4.3.6 Custo de Incorporação Mecânica

Muitos agroquímicos, como no caso os herbicidas e os nematicidas pré-emergentes, necessitam de incorporação mecânica para poder incorporar a uma determinada profundidade.

Esse estudo em questão, levou em consideração essas situações. Sendo que, os cálculos necessários para encontrar o custo de incorporação mecânica (CIM), são os mesmos já utilizados para estimar o custo operacional do trator e o custo operacional do pulverizador, considerando o mesmo trator e substituindo o pulverizador pela grade de disco.

Dessa forma, as Equações utilizadas para efetuar as operações necessárias são as mesmas, de modo que, se faz fundamental apenas modificar as variáveis. A expressão utilizada na Equação 41, representa o cálculo usado para encontrar o custo operacional de incorporação mecânica.

$$COIM = CFT + CVT + CFGD + CVGD \quad (41)$$

Em que:

COIM = Custo Operacional de Incorporação Mecânica (R\$.h⁻¹);

CFT = Custos Fixos do Trator (R\$.h⁻¹);

CVT = Custos Variáveis do Trator (R\$.h⁻¹);

CFGD = Custos Fixos do Grade de Disco (R\$.h⁻¹);

CVGD = Custos Variáveis do Grade de Disco (R\$.h⁻¹).

4.3.7 Custo da aplicação dos produtos químicos de acordo com os diferentes métodos

Para estimar e comparar os custos da aplicação de produtos químicos de acordo com os diferentes métodos, é necessário levar em consideração que é exigida uma certa umidade para que ocorra a ativação dos produtos e se alcance também a maior eficiência possível.

A quantidade de água necessária para um eficaz aproveitamento dos fertilizantes, dos herbicidas e dos nematicidas é de 10 mm de água, sendo possível

assim, realizar a incorporação de maneira correta. Já a quantidade de água necessária para um eficaz aproveitamento dos inseticidas e dos fungicidas é de apenas 3 mm de água para incorporar de forma adequada.

Além disso, é primordial levar consideração o custo da incorporação mecânica, que neste caso, só é necessário ser realizada quando se faz uso apenas de herbicidas e de nematicidas.

4.3.7.1 *Custo da Aplicação na Quimigação*

O custo da aplicação na quimigação leva em conta a soma do custo operacional final do sistema de quimigação mais a quantidade de água necessária para realizar um aproveitamento eficaz dos produtos químicos e incorporá-los, sendo que essa quantidade de água pode variar em relação ao tipo de produto. A expressão utilizada na Equação 42, representa o cálculo usado para encontrar o custo da aplicação na quimigação.

$$CAQ = COSQ + QAIq \quad (42)$$

Em que:

CAQ = Custo da Aplicação na Quimigação (R\$.ha⁻¹);

COSQ = Custo Operacional do Sistema de Quimigação (R\$.ha⁻¹);

QAIq = Quantidade de Água necessária para realizar a Incorporação na quimigação;

4.3.7.2 *Custo da Aplicação no Método Tratorizado*

O custo da aplicação no método tratorizado é constituído pela soma do custo operacional tratorizado final mais a quantidade de água necessária para realizar a incorporação, que também pode variar em relação ao tipo de produto e mais a incorporação mecânica (quando necessária). Dessa maneira, o custo de aplicação no método tratorizado é expresso por meio da Equação 43.

$$CAT = COTT + QAI t \quad (43)$$

Em que:

CAT = Custo da Aplicação no Método Tratorizado (R\$.ha⁻¹);

COTT = Custo Operacional Tratorizado Total (R\$.ha⁻¹);

QAlt = Quantidade de Água necessária para realizar a Incorporação no método tratorizado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Comparação dos Custos da Quimigação versus os Custos da Aplicação Convencional Tratorizada de Fertilizantes e Agrotóxicos

Para alcançar os resultados apresentados durante o estudo, fez-se extremamente importante considerar os custos fixos e variáveis de cada um dos possíveis métodos de aplicação de fertilizantes e agrotóxicos explanados nesta pesquisa e suas respectivas particularidades, que foram obtidos por meio das equações indicadas na literatura pelos autores Aaker (2007), Crepaldi (2010), Leone (2010) e Maher (2010).

Os métodos escolhidos para serem comparados foram a quimigação pelo pivô central e a aplicação convencional tratorizada de fertilizantes e agrotóxicos. Sendo, que está comparação respeitou as especificações de cada método conforme evidenciadas por Lacerda (2014), Menechini (2017) e Santos (2012).

Foi levado em consideração situações hipotéticas para cada um dos dois métodos. Nas quais, as simulações realizadas com cada método de aplicação tiveram em comum as mesmas características de terreno, área e cultura.

5.2 Custos Fixos do Trator

De acordo com Crepaldi (2010), os custos fixos do trator (CFT) são compostos pela depreciação do trator (Dt), pelos juros sobre capital do trator (JSCT), pelo abrigo do trator (AT) e pelo seguro (ST). Aplicando os valores destas variáveis na Equação 01 foi possível encontrar o valor total dos custos fixos do trator (CFT), que corresponde a 52,82 R\$.h⁻¹, de maneira que o resultado ficou dentro do esperado (MAHER,2010). E pode ser observado na Tabela 3.

Entretanto, esse resultado só foi alcançado após a determinação dos resultados de cada uma dessas variáveis, conforme afirmado por Crepaldi (2010). Desse modo, foi necessário calculá-las primeiramente, para então dar sequência ao desenvolvimento do estudo.

5.2.1 Depreciação do trator

Conforme Hirschfeld (1992) observou, não é possível obter com total precisão o custo da depreciação de um trator antes de ser realizada a venda, porque é exclusivamente nesse momento que se chega à conclusão do seu real valor. Devido a isso, por meio de diversos métodos é possível criar uma estimativa da depreciação do trator, um deles é o método da linha reta, que é o mais simples de ser utilizado.

Nesse estudo, foi implementado o uso do método de linha reta que resultou em uma depreciação anual constante do trator durante a vida útil. Sendo, que neste caso a vida útil do trator (V_{ut}) corresponde a 10 anos (MAHER, 2010).

De acordo com Crepaldi (2010), no método de linha reta, o valor em reais de sucata do trator (V_{st}) considera 10% do valor em reais de aquisição do trator (V_{at}) que é 270.000,00 reais e o valor da máquina é depreciado do constante dada pela Equação 2, levando em consideração as horas trabalhadas pelo trator por ano (H_{tat}) igual a 1.000 horas. Por meio da Equação 2 encontrou-se o custo de depreciação do trator (DT) do trator igual a 24,30 R\$.h⁻¹, como almejado e disposto na Tabela 3.

5.2.2 Juros Sobre Capital do Trator

Segundo Fett (2005), os juros sobre capital do trator (JSCT) são na maioria das vezes juros simples e são calculados sobre o capital médio investido. Sendo considerada a taxa da caderneta da poupança e obtendo a taxa de Juros ao Ano (TJt) em reais. Através da Equação 3 conheceu-se os juros sobre capital (JSCT) que equivale a 20,42 R\$.h⁻¹, dentro das conformidade e disposto na Tabela 3.

Conforme observado por Fett (2005), foi necessário levar em consideração o valor de aquisição do trator (V_{at}) que é 270.000,00 R\$, o valor de sucata (V_{st}) que é 27.000,00 R\$, a taxa de juros do trator (TJt) que corresponde a 13,75% e a quantidade de horas trabalhadas que é 1000 horas em um ano (H_{tat}).

5.2.3 Abrigo do Trator

De acordo com Oliveira (2000), foi preciso fazer uma estimativa de modo simples do custo anual com o abrigo do trator (AT). Levando em consideração o valor em reais de aquisição da máquina (V_{at}) igual à 270.000,00 reais, a quantidade de

horas trabalhadas do trator (H_{tat}) que é igual a 1.000 horas e o índice anual do abrigo do trator (I_{aat}) de 1%, também em reais, de modo que por meio da Equação 04, foi possível estimar o custo do abrigo do trator (AT) que equivalente a 2,70 R\$.h⁻¹ conforme demonstrado na Tabela 3 e dentro do esperado.

5.2.4 Seguro do Trator

Conforme Oliveira (2000), o custo do seguro por hora do trator (ST) foi dado pela Equação 5. Sendo necessário levar em consideração, o valor de aquisição do trator (V_{at}) que é 270.000,00, a quantidade hora trabalhada pelo trator por ano (H_{tat}) igual à 1.000 horas, e o índice anual do seguro (I_{ast}) em reais, que pode variar de 0,75 a 3% do valor de aquisição do trator, que neste caso em específico foi considerado igual a 2%, obtendo assim o custo do seguro do trator (ST) igual a 5,40 R\$.h⁻¹. De acordo com Maher (2010) ficou dentro do esperado e este valor está disponível para ser consultado na Tabela 3.

5.3 Custos Variáveis do Trator

Segundo Leone (2010), os custos variáveis do trator (CVT) são formados pelos gastos com o combustível, com o lubrificante, com a graxa, com a manutenção e por fim com a mão de obra. Aplicando os valores destas variáveis na Equação 06 foi possível encontrar o valor total dos custos variáveis do trator (CVT), que corresponde a 147,37 R\$.h⁻¹, conforme desejado e pode ser observado na Tabela 3.

Todavia, esse resultado só foi alcançado após a determinação dos resultados de cada uma dessas variáveis. Dessa maneira, foi necessário calculá-las inicialmente para só então depois disso, dar continuidade ao desenvolvimento do estudo (AAKER, 2007).

5.3.1 Combustível do Trator

Conforme Turco *et al.* (2015), observaram o valor do custo do combustível do trator (CT) foi encontrado usando a Equação 07. Sendo, que dependendo da potência do motor, a constante pode variar de 0,151 para 0,164. Pois, para tratores

acima de 200 cv, o consumo em litros por hora é de 0,164. Já para tratores abaixo de 200 cv, o consumo em litros por hora é de 0,151.

Neste caso em questão, a constante utilizada foi 0,151. Além disso, para o desenvolvimento deste cálculo foi necessário levar em consideração o custo do litro do Diesel em reais (Vld) igual 6,60 e a potência do motor (PMt) igual à 105 cv. O custo com o combustível do trator resultou em 104,64 R\$.h⁻¹, conforme pode ser observado na Tabela 3.

5.3.2 Lubrificante do Trator

Segundo a observação de Leone (2010), foi possível estimar o valor de consumo de lubrificante do motor do trator (LT) por meio da Equação 8. No entanto, foi indispensável considerar a potência do motor do trator (PMt) que é 105 cv e o custo do litro do óleo (VII) em reais igual à 30,00 reais. O valor resultante estimado por esse cálculo foi de 1,35 R\$.h⁻¹. Esse custo está disposto na Tabela 3.

5.3.3 Graxa do Trator

Conforme Aaker (2007), O custo da graxa do trator (GT) foi estimado por intermédio da Equação 09, levando em conta que o valor da graxa (Vg) fosse equivalente a 20,00 reais e a constante correspondente a 0,05 kg.h⁻¹. O resultado encontrado para o custo da graxa do trator (GT) foi igual a 1,00 R\$.h⁻¹, ficando dentro do esperado. Esse valor está disponível na Tabela 3.

5.3.4 Manutenção do Trator

De acordo com Noranha (1991), através da Equação 10, foi possível definir o custo da manutenção do trator. Mas, para isso, foi primordial levar em consideração a taxa de manutenção do trator (Tmt) de 10% ao ano, o valor de aquisição do trator equivalente a 270.000,00 e a quantidade de horas de trabalho do trator anual (Htat) igual à 1.000. Desse modo, encontrou-se o custo da manutenção do trator (MT) dentro do desejado correspondente a 27,00 R\$.h⁻¹, conforme ilustrado na Tabela 3.

5.3.5 Mão de obra do trator

Segundo Megliorini (2007) observou, teve a necessidade de empregar a Equação 11 para obter o custo da mão de obra do trator (MOT). Para realizar esse cálculo, foi preciso considerar algumas variáveis, como o valor em reais do salário mensal do operador por mês (SMO) que é 1.212,00 R\$, a porcentagem das taxas e encargos sociais cobradas em cima do salário (TES) que corresponde a 73%, a quantidade de horas trabalhadas por ano do operador (Htao) considerando 47 semanas por ano, 5 dias por semana e 8 horas por dia, resultando em 1.880,00 horas anuais. O custo da mão de obra (MOT) é de 13,38 R\$.h⁻¹, conforme almejado e esse valor está disponível na Tabela 3.

Tabela 3 - Custos fixos e variáveis do trator R\$.h⁻¹

Custos com o Trator	Valores
Custos Fixos (CFT)	52,82
Depreciação – DT	24,30
Juros Sobre Capital – JSCT	20,42
Abrigo – AT	2,70
Seguro – ST	5,40
Custos Variáveis	147,37
Combustível – CT	104,64
Lubrificante – LT	1,35
Graxa – GT	1,00
Manutenção – MT	27,00
Mão de Obra – MOT	13,38
Total	200,19

Fonte: Autoria própria, 2022

5.4 Custos Fixos do Pulverizador

Conforme Crepaldi (2010) e Maher (2007), os custos fixos do pulverizador (CFP) são formados pela depreciação, pelos juros sobre capital, pelo abrigo e pelo seguro. Fazendo aplicação dos valores que representam essas variáveis na Equação

12, foi possível encontrar o valor total dos custos fixos do pulverizador (CFP), que equivale a 43,41 R\$.h⁻¹. E está disposto na Tabela 4. Porém, o resultado só foi alcançado após a obtenção dos valores correspondentes de cada uma das variáveis citadas anteriormente, de acordo com a afirmação desses autores.

5.4.1 Depreciação do Pulverizador

A depreciação do pulverizador (DP) foi calculada por meio do método de linha reta que se encontra na Equação 13 (CREPALDI, 2010). Considerando a vida útil do pulverizador (Vup) de 10 anos, sendo que o valor em reais de sucata do pulverizador (Vsp) considera 10% do valor em reais de aquisição do pulverizador (Vap) que é igual à 71.000,00 e as horas trabalhadas pelo pulverizador por ano (Htap) igual a 320 horas. Conforme Maher (2010), dessa forma, encontrou-se o custo de depreciação do pulverizador (DP) igual a 19,97 R\$.h⁻¹, ficando dentro da margem aguardada e pode ser observado na Tabela 04.

5.4.2 Juros Sobre Capital do Pulverizador

Através da Equação 14 conheceu-se os juros sobre capital do pulverizador (JSCP) que é equivalente a 16,78 R\$.h⁻¹, conforme pode ser identificado na Tabela 04. De maneira que, conforme observou Fett (2005) foi necessário levar em consideração o valor de aquisição do pulverizador (Vap) que é 71.000,00 R\$ o valor de sucata do pulverizador (Vsp) que é 7.100,00 R\$ a taxa de juros do pulverizador (TJp) que corresponde a 13,75 % e a quantidade de horas trabalhadas que é 320 horas em um ano (Htap).

5.4.3 Abrigo do Pulverizador

Conforme Oliveira (2000), para realização do cálculo do custo anual com o abrigo do pulverizador (AP), foi levado em consideração o valor em reais de aquisição do pulverizador (Vap) que é 71.000,00 reais, a quantidade de horas trabalhadas do pulverizador ao ano (Htap) que é 320 e o índice anual do abrigo do pulverizador (Iaap) de 1%, também em reais. De modo que, por meio da Equação 15 é possível

determinar que o custo do abrigo do implemento (AP) equivale a $2,22 \text{ R}\$.h^{-1}$ como almejado e conforme demonstrado na Tabela 4.

5.4.4 Seguro do Pulverizador

O custo do seguro por hora do pulverizador (SP) foi estimado por intermédio da Equação 16. Porém, de acordo com a afirmação de Oliveira (2000), foi necessário dar importância ao valor de aquisição do Pulverizador (V_{ap}) de 71.000,00 reais, neste caso, a hora trabalhada pelo pulverizador anualmente (H_{tap}) que são 320 horas, e o índice anual do seguro do pulverizador (I_{asp}) em reais que foi considerado igual a 2%, obtendo assim o custo do seguro do pulverizador (SP) igual a $4,44 \text{ R}\$.h^{-1}$. Este valor ficou dentro do esperado e está disponível para ser consultado na Tabela 4.

5.5 Custos Variáveis do Pulverizador

Segundo Leone (2010) e Aaker (2007), os custos variáveis do pulverizador (CVP) são constituídos pelos gastos com a graxa utilizada no pulverizador (GP) e os custos da manutenção do pulverizador (MP). Conforme afirma esses autores, aplicando os valores destas variáveis na Equação 17 foi possível encontrar o valor total dos custos variáveis do pulverizador (CP), que corresponde a $14,31 \text{ R}\$.h^{-1}$. Ficou dentro da margem aguardada e pode ser observado na Tabela 4

5.5.1 Graxa do Pulverizador

De acordo com Oliveira (2000), as despesas com a graxa utilizada no pulverizador foi estimada por intermédio da Equação 18, tendo considerado que o valor da graxa (V_g) é equivalente 20,00 reais e a constante igual à $0,05 \text{ kg}\cdot h^{-1}$. Dessa maneira, o custo da graxa do pulverizador (GP) corresponde a $1,00 \text{ R}\$.h^{-1}$. Esse valor ficou de acordo com o esperado e está disponível na Tabela 4.

5.5.2 Manutenção do Pulverizador

Conforme afirma Noronha (1991), mediante a Equação 19 foi possível estabelecer o custo da manutenção do pulverizador (MP). Considerando que a taxa de manutenção do pulverizador (T_{mp}) é de 6% do valor de aquisição do pulverizador (Vap) que é 71.000,00 reais. Desse modo, encontrou-se o custo da manutenção do pulverizador (MP) que é equivalente a 13,31 R\$.h⁻¹, conforme pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4 - Custo fixo e variável do pulverizador R\$.h⁻¹

Custos com o Pulverizador	Valores
Custos Fixos	43,41
Depreciação	19,97
Juros Sobre Capital	16,78
Abrigo	2,22
Seguro	4,44
Custos Variáveis	14,31
Graxa	1,00
Manutenção	13,31
Total	57,72

Fonte: Autoria própria, 2022

5.6 Custo Operacional Tratorizado Total

Segundo Crepaldi (2010) e Maher (2010), o custo operacional tratorizado total (COTT) é a soma do custo operacional do trator, que é formado pelos custos fixos do trator (CFT) e os custos variáveis do trator (CVT), mais o custo operacional do pulverizador, que é composto pelos custos fixos do pulverizador (CFP) e os custos variáveis do pulverizador (CVP). Conforme afirma esses autores, por intermédio da Equação 20 obteve-se o resultado do custo operacional tratorizado total correspondente a 257,91 R\$.h⁻¹, de acordo com o almejado e conforme a Tabela 05.

O valor alcançado pela a Equação 20 encontra-se em unidade monetária reais por hora, sendo necessário para esse estudo em questão, transformar este valor em unidade monetária reais por hectare, pois este trabalho prioriza o uso dessa medida. De acordo com Maher (2010), para realizar essa conversão foi necessário primeiramente determinar a capacidade de campo operacional total do método

tratorizado (CCOTT) por meio da Equação 21, sendo que esta representa a quantidade de hectares por hora que o trator trabalha em conjunto com o pulverizador.

Tabela 5 - Custo horário tratorizado total R\$.h⁻¹

Custos Tratorizado	Valores
Custo com Trator	200,19
Custo com Pulverizador	57,72
Total	257,91

Fonte: Autoria própria, 2022

5.6.1 Capacidade de Campo Operacional Total do Método Tratorizado

Para encontrar a capacidade de campo operacional total do método tratorizado (CCOTT), foi preciso levar em consideração a velocidade do trator (VT) que corresponde à 8 km.h⁻¹, a largura média de trabalho do pulverizador (Lmtp) que é de 14 m, a eficiência do trator (ET) que é de 75%, e por fim dividir o valor obtido por 10, para que assim seja realizada a transformação de medida (CREPALDI, 2010).

Por meio da Equação 21 foi encontrada a capacidade de campo operacional total do método tratorizado (CCOTT) igual a 8,40 R\$.h⁻¹. Sendo possível visualizar estes valores na Tabela 6.

Após realização do cálculo da Equação 21, foi preciso dividir o custo horário tratorizado total (CHTT) que é igual a 257,92 R\$.h⁻¹, pelo resultado referente à capacidade de campo operacional total do método tratorizado (COOTT) que é igual à 8,40 R\$.h⁻¹. Conforme Crepaldi (2010) afirma, essa operação é realizada por intermédio da Equação 22, e dessa maneira foi descoberto o custo operacional tratorizado final (COTF) em reais por hectare que é equivalente a 30,70 R\$.h⁻¹. O resultado está dentro do aguardado. Assim, como é observado na Tabela 6.

Tabela 6 - Capacidade de campo operacional total e custo operacional tratorizado final

CAPACIDADE DE CAMPO E CUSTO OPERACIONAL FINAL DO TRATOR		
Componentes	Unidade	Valores
Velocidade do trator – VT	km.h ⁻¹	8,00
Largura media de trabalho do pulverizador - Lmtp	M	14,00

Eficiencia de trabalho – ET	%	0,75
Custo horario tratorizado total – CHTT	R\$.h ⁻¹	257,91
Capacidade de campo operacional total tratorizado – CCOTT	ha.h ⁻¹	8,40
Custo operacional tratorizado final (COTF)	R\$.ha ⁻¹	30,70

Fonte: Autoria própria, 2022

5.7 Custos Fixos do Pivô Central

De acordo com Maher (2010), os custos fixos do pivô central (CFPC) são constituídos pela depreciação do pivô central (DPC), pelos juros sobre capital do pivô central (JSCPC) e pelo seguro (SPC). Aplicando os valores destas variáveis na Equação 23 foi possível encontrar o valor total dos custos fixos do pivô central (CFPC), que corresponde a 69,61 R\$.h⁻¹. E pode ser observado na Tabela 07. Entretanto, esse valor só foi alcançado após a aquisição dos resultados das variáveis que compõem os custos fixos, assim como afirma Maher (2010).

5.7.1 Depreciação do Pivô Central

Segundo Hirschfeld (1992), a depreciação do pivô central (DPC) foi calculada por meio do método de linha reta que é expresso pela Equação 24. Considerando a vida útil (V_{upc}) de 20 anos, o valor em reais de sucata (V_{spc}) considera 10% do valor de aquisição do pivô central (V_{apc}) que é 990.000,00 reais e as horas trabalhadas pelo pivô central (H_{tapc}) igual à 2.000 horas por ano. Assim foi possível encontrar o custo de depreciação do pivô central (DPC) igual a 22,28 R\$.h⁻¹, ficando dentro do esperado e pode ser observado na Tabela 7.

5.7.2 Juros Sobre Capital do Pivô Central

De acordo com Crepaldi (2010) e Fett (2005), para encontrar o valor correspondente aos juros sobre capital do pivô central, foi necessário levar em consideração o valor de aquisição do pivô central (VAPC) que é igual à 990.000,00 R\$, pois um sistema de irrigação por pivô central custa em média 15.000 reais por hectare, considerando que a área do terreno é de 66 ha, logo o valor é total é de

990.000,00 R\$, já o valor de sucata do pivô central (V_{sp}) é 99.000,00 R\$, a taxa de juros do pivô central (T_{Jpc}) que corresponde a 13,79 % e a quantidade de horas trabalhadas pelo pivô central (H_{tapc}) que é 2.000 horas em um ano.

Conforme afirma esses autores, os juros sobre o capital do pivô central (JSCPC) foram estimados por através da Equação 25. E foi encontrado um resultado equivalente a 37,43 R\$.h⁻¹, assim como mostra a Tabela 07.

5.7.3 Seguro do Pivô Central

Conforme observou Oliveira (2010), o custo do seguro por hora do pivô central (SPC) foi encontrado através da Equação 26. Levando em conta, o valor de aquisição do pivô central (V_{apc}) igual à 990.000,00 reais, a quantidade de horas trabalhadas por ano pelo pivô central (H_{tapc}) que é 2.000 horas, e o índice anual do seguro do pivô central (I_{apc}) em reais que foi considerado igual a 2% sobre o valor de aquisição, obtendo assim o custo do seguro do pivô central (SPC) igual a 9,90 R\$.h⁻¹. De modo que, este valor está disponível para ser consultado na Tabela 07.

5.8 Custos Variáveis do Pivô Central

Os custos variáveis do pivô central (CVPC) são formados pelos resultados obtidos com a manutenção do pivô central (MPC), com a mão de obra do pivô central (MOPC) e com o consumo de energia do pivô central (CEPC), em concordância com a observação de Leone (2010) e Aaker (2007). Aplicando os valores destas variáveis na Equação 27, foi possível encontrar o valor total dos custos variáveis do pivô central (CVPC), sendo equivalente a 196,31 R\$.h⁻¹, se mantendo dentro do almejado. E esse resultado pode ser observado na Tabela 07.

5.8.1 Manutenção do Pivô Central

Segundo Leone (2010), através da Equação 28 foi possível encontrar o custo da manutenção do pivô central (MPC). Sendo, que levou-se em consideração a taxa de manutenção do pivô central (T_{mpc}) igual à 99.000,00 reais que corresponde à 10% do valor de aquisição do pivô central (V_{apc}) que é igual à 990.000,00 reais e a quantidade de horas trabalhadas por ano do pivô central (H_{tapc}). Dessa maneira, o

resultado do custo da manutenção do pivô central (MPC) é equivalente a 49,50 R\$.h⁻¹, conforme esperado e pode ser observado na Tabela 7.

5.8.2 Mão de obra do Pivô Central

Utiliza-se a Equação 29 para obter o custo da mão de obra do pivô central (MOPC). De acordo com Aaker (2007), para desenvolver esse cálculo é preciso considerar as seguintes variáveis, o valor em reais do salário mensal do operador por mês (SMO) que neste caso é 1.212,00 reais, a porcentagem das taxas e encargos sociais cobradas em cima do salário (TES) que corresponde a 73% do salário, a quantidade de horas trabalhadas por ano do operador (Htao) considerando 47 semanas por ano, 5 dias por semana e que o operador trabalha cerca de 2 horas por dia. Sendo que o pivô central necessita de 15 horas para dar a volta completa. Dessa forma, o custo da mão de obra (MOPC) é de 53,53 R\$.h⁻¹, e esse valor está como o esperado e disponível na Tabela 7.

5.8.3 Consumo de Energia do Pivô Central

Turco *et al.* (2015), observaram que o custo do consumo de energia do pivô central (CEPC), depende do tempo de uso por aplicação (Ta) que é de 15 horas, do valor da tarifa local (Vtl) que no Ceará é 0,139, do número de aplicações (Na) que é 1 aplicação e da potência do motor do pivô central (PMpc) que é igual 60 cv, transformando esse valor em kw, encontrou-se 44,74 kw.

Cabe salientar, outrossim, que a demanda de potência e o consumo de energia compõe e definem as tarifas de energia elétrica, que nesse estudo é a classe B, subgrupo B2 (classe rural). Além disso, convém ressaltar, que a companhia de energia responsável por fixar as tarifas de energia no Nordeste é a ANEEL.

Conforme afirma esses autores, a Equação 30 foi utilizada para estimar consumo de energia do pivô central (CEPC) e o resultado encontrado foi igual a 93,28 R\$.h⁻¹. De modo, que esses valores estão disponíveis na Tabela 7.

Tabela 7 - Custo fixos e variáveis do pivô central R\$.h⁻¹

Custos com o Pivô Central	Valores
Custos Fixos (CFT)	69,61
Depreciação – DPC	22,28
Juros Sobre Capital – JSCPC	37,43
Seguro – SPC	9,90
Custos Variáveis	196,31
Manutenção – MPC	49,50
Consumo de Energia – CEPC	93,28
Mão de Obra – MOPC	53,53
Total	265,92

Fonte: Autoria própria, 2022

5.9 Custos Fixos do Sistema de Injeção

De acordo com Crepaldi (2010) e Maher (2010), os custos fixos do sistema de injeção (CFSI) são compostos pela depreciação do sistema de injeção (DSI), pelos juros sobre capital do sistema de injeção (JSCSI) e pelo seguro do sistema de injeção (SSI). Os valores dessas variáveis foram aplicados na Equação 31, e dessa forma, foi possível encontrar o valor total dos custos fixos do sistema de injeção (CFSI), que corresponde a 10,79 R\$.h⁻¹, ficando dentro do esperado. Esse resultado pode ser constatado na Tabela 8.

5.9.1 Depreciação do Sistema de Injeção

A depreciação do sistema de injeção (DSI) foi calculada por meio do método de linha reta representado pela Equação 32. Segundo Maher (2010), para desenvolver essa Equação foi preciso levar em conta a vida útil do sistema de injeção (V_{usi}) que é de 10 anos, o valor de sucata do sistema de injeção (V_{ssi}) igual à 2.907,59 reais, que considerou 10% do valor de aquisição do sistema de injeção (V_{asi}) que corresponde à 29.075,94 e as horas trabalhadas por ano pelo sistema de injeção (H_{tasi}) igual à 500 horas. Assim, foi possível encontrar o custo de depreciação do sistema de injeção (DSI) igual a 5,23 R\$.h⁻¹, de modo que ficou dentro do desejado e esse resultado está disposto na Tabela 8.

5.9.2 Juros Sobre Capital do Sistema de Injeção

De acordo com Fett (2005), para encontrar o custo dos juros sobre capital do sistema de injeção (JSCSI) foi primordial desenvolver a Equação 33. Levando em consideração o valor de aquisição do sistema de injeção (V_{asi}) que 29.075,94 R\$, o valor de sucata do sistema de injeção (V_{ssi}) que é 2.907,59 R\$, a taxa de juros (T_{jsi}) que corresponde a 13,75 % e a quantidade de horas trabalhadas pelo sistema de injeção (H_{tasi}) que é 500 horas por ano.

Conforme afirma Fett (2005), os juros sobre o capital do sistema de injeção (JSCSI) foram encontrados por meio da Equação 33. Sendo que o resultado obtido foi equivalente a $4,40 \text{ R}\$.h^{-1}$, conforme esperado e está disponível na Tabela 8.

5.9.3 Seguro do Sistema de Injeção

O custo do seguro por hora do sistema de injeção (SSI) foi estimado por intermédio da Equação 34. Porém, segundo Oliveira (2000), para isso foi necessário levar em conta, o valor de aquisição do sistema de injeção (V_{asi}) que é igual à 29.075,94 R\$, a quantidade de horas trabalhada pelo sistema de injeção anualmente (H_{tasi}) que são 500 horas, e o índice anual do seguro do sistema de injeção (I_{assi}) em reais que foi considerado igual a 2% sobre o valor de aquisição.

Dessa maneira, conforme afirma Oliveira (2000), através da resolução da Equação 34 obteve-se o resultado do custo do seguro do sistema de injeção (SSI) igual a $1,16 \text{ R}\$.h^{-1}$, assim como aguardado, de modo que, esse valor está disponível para ser consultado na Tabela 8.

5.10 Custos Variáveis do Sistema de Injeção

De acordo com Leone (2010) e Aaker (2007), os custos variáveis do sistema de injeção (CVSI) são compostos pelos gastos com a manutenção do sistema de injeção (MSI) e pelo consumo de energia do sistema de injeção (CESI). Conforme afirma esses autores, aplicando os valores destas variáveis na Equação 35 foi possível encontrar o valor total dos custos variáveis do sistema de injeção (CVSI), que é correspondente à $19,60 \text{ R}\$.h^{-1}$. Esse resultado pode ser constatado na Tabela 8.

5.10.1 Manutenção do Sistema de Injeção

Conforme indicado por Aaker (2007), através da Equação 36 foi possível identificar o custo da manutenção do sistema de injeção (MSI). Para esse cálculo foi considerado que a taxa de manutenção do sistema de injeção (T_{msi}) fosse 2.907,59 reais, que é referente à 10% do valor de aquisição do sistema de injeção (V_{asi}) cujo valor corresponde a 29.075,94 reais. Dessa maneira, encontrou-se o custo da manutenção do sistema de injeção (MSI) equivalente a 5,82 R\$.h⁻¹ dentro do esperado e conforme disposto na Tabela 8.

5.10.2 Consumo de Energia do Sistema de Injeção

Turco *et al.* (2015), observaram que para estimar o custo do consumo de energia do sistema de injeção (CESI) foi essencial considerar vários fatores, como o tempo de funcionamento do aparelho, que nesse caso é o tempo de uso por aplicação (T_a) que é equivalente à 15 horas, a potência do motor do sistema de injeção (P_{msi}) que é igual à 4cv, convertendo esse valor para kw foi obtido um valor igual à 2,94 kw, o número de aplicações (N_a) correspondente à 1 aplicação e o valor da tarifa local (V_{tl}) que no Ceará é 0,313.

Conforme afirma esses autores, a Equação 37 foi usada para estabelecer o consumo de energia do sistema de injeção (CESI) e o resultado encontrado corresponde a 13,78 R\$.h⁻¹. Esse resultado está como o esperado e pode ser consultado por meio da Tabela 8.

Tabela 8 - Custos fixos e variáveis do sistema de injeção R\$.h⁻¹

Custos com Injetor	Valores
Custos Fixos	10,79
Depreciação	5,23
Juros Sobre Capital	4,40
Seguro	1,16
Custos Variáveis	19,60
Manutenção	5,82
Custo com Energia	13,78
Total	30,39

Fonte: Autoria própria, 2022

5.11 Custo Operacional do Sistema de Quimigação

Segundo Crepaldi (2010) e Maher (2010), o custo operacional do sistema de Quimigação (COSQ) é a soma do custo operacional do pivô central, que é formado pelos custos fixos do pivô central (CFP) e pelos custos variáveis do pivô central (CVP), mais o custo operacional do sistema de injeção, que é composto pelos custos fixos do sistema de injeção (CFSI) e pelos custos variáveis do sistema de injeção (CVSI).

Convém ressaltar, que o injetor em questão, é uma motobomba de pistão. E que através da Equação 38 foi obtido o resultado do custo operacional do sistema de quimigação (COSQ) correspondente a 296,31 R\$.h⁻¹, ficando dentro das conformidades. Conforme pode ser observado na Tabela 9.

Tabela 9 - Custo horário do sistema de quimigação total R\$.h⁻¹

Custos Quimigação	Valores
Custo com Pivô Central	265,92
Custo com Injetor	30,39
Total	296,31

Fonte: Aatoria própria, 2022

O valor alcançado pela a Equação 38 encontra-se em unidade monetária reais por hora, sendo necessário para esse estudo em questão, transformar este valor em unidade monetária reais por hectare, pois este trabalho prioriza o uso dessa medida. Segundo Maher (2010), para realizar essa conversão é necessário determinar a capacidade de campo operacional total do pivô central (CCOTPC) por meio da Equação 39, sendo que esta representa a quantidade de hectares por hora que o pivô central trabalha em conjunto com o sistema de injeção.

5.11.1 Capacidade de Campo Operacional Total do Pivô Central

De acordo com Crepaldi (2010), para encontrar a capacidade de campo operacional total do pivô central (CCOTPC), foi necessário levar em consideração a área total (AT) que é equivalente 66 hectares e quantidade de horas para dar uma volta completa do pivô central (VCPC) que corresponde à 15 horas

Por meio da Equação 39 foi encontrada a capacidade de campo operacional total do pivô central (CCOTPC) igual a 4,40 ha.h⁻¹. Sendo possível visualizar estes valores na Tabela 10.

Conforme afirma Maher (2010), após realização do cálculo da Equação 39, foi preciso dividir o custo horário tratorizado total (CHSQT) que é igual a 296,31 reais, pelo resultado referente à capacidade de campo operacional do pivô central (CCOTPC) que é igual à 4,40 ha.h⁻¹. E dessa forma, por meio da Equação 40, foi estimado o custo operacional final da quimigação (COFQ) em reais por hectare que é equivalente a 67,34 ha.h⁻¹. Esse resultado ficou dentro do esperado, como é observado na Tabela 10.

Tabela 10 - Capacidade de campo operacional total e custo operacional final do pivô central

CAPACIDADE DE CAMPO E CUSTO OPERACIONAL FINAL DO PIVÔ CENTRAL		
Informações	Unidade	Valores
Tamanho da área – TA	ha	66
Volta completa	horas	15
Capacidade de campo operacional total do pivô central – CCOTPC	Ha.hora ⁻¹	4,40
Custo horário do sistema de quimigação total - CHSQT	R\$.hora ⁻¹	296,31
Custo operacional final da quimigação - COFQ	R\$.ha ⁻¹	67,34

Fonte: Autoria própria, 2022

5.12 Custo de Incorporação Mecânica

Segundo Crepaldi (2010) e Maher (2010), os cálculos necessários para encontrar o custo de incorporação mecânica (CIM), são os mesmos utilizados para determinar o custo operacional do trator e o custo operacional do pulverizador, considerando o mesmo trator e substituindo o pulverizador pela grade de disco.

5.12.1 Custos Fixos e Variáveis Do Trator

De acordo com Crepaldi (2010) e Maher (2010), os custos fixos do trator (CFT) foram encontrados por intermédio das Equações 1, 2, 3, 4 e 5. Sendo o

resultado equivalente a 52,82 reais, como esperado. Já, segundo Leone (2010) e Aaker (2007), os custos variáveis do trator (CVT) foram estimados por meio das Equações 6, 7, 8, 9, 10 e 11, resultando em 147,38 reais, também como almejado. Esses resultados podem ser encontrados na Tabela 3.

5.12.2 Custos Fixos e Variáveis da Grade de Disco

Conforme Maher (2010), os custos fixos da grade de disco (CFGD) foram estimados por meio das Equações 12, 13, 14, 15 e 16. De modo que, o valor total resultou em 18,02 ha.h⁻¹. Já, de acordo com Leone (2010), os custos variáveis da grade de disco (CVGD) foram encontrados por intermédio das Equações 17, 18 e 19, tendo obtido o valor total equivalente a 6,53 ha.h⁻¹. Esses resultados ficaram dentro do esperado e estão disponíveis para observação na Tabela 11.

Tabela 11 - Custos fixos e variáveis da grade de disco R\$.h⁻¹

Custos com a grade de disco	Valores
Custos Fixos	18,02
Depreciação	8,29
Juros Sobre Capital	6,97
Abrigo	0,92
Seguro	1,84
Custos Variáveis	6,53
Graxa	1,00
Manutenção	5,53
Total	24,55

Fonte: Autoria própria, 2022

Sendo que, o valor de aquisição da grade de disco (V_{agd}) é equivalente à 18.425,00 reais, o valor de sucata da grade de disco (V_{sgd}) é igual à 1.842,50 reais, a vida útil da grade de disco (V_{ugd}) corresponde à 10 anos, a quantidade de horas trabalhadas por ano pela grade de disco (H_{tagd}) é de 200 horas, a taxa de juros da grade de disco (TJ_{gd}) é de 13,75% ao ano, o índice anual do abrigo da grade de disco (I_{aagd}) é igual à 1% ao ano e o índice anual do seguro da grade de disco é equivalente à 2% ao ano.

5.12.3 Custo Operacional da Incorporação Mecânica

Conforme Crepaldi (2010) e Leone (2010), o valor total obtido do custo operacional da incorporação mecânica (COIM) foi composto pela soma dos custos fixos e variáveis do trator mais os custos fixos e variáveis da grade de disco. Dessa forma, o resultado foi igual a 224,74 R\$.h⁻¹. Esse resultado está disposto na Tabela 12. A expressão foi utilizada na Equação 41, representa o cálculo usado para encontrar o custo operacional de incorporação mecânica (COIM), (MAHER, 2010).

Tabela 12 - Custo horário da incorporação mecânica R\$.h⁻¹

Custos com incorporação mecânica	Valores
Custo com Trator	200,19
Custo com Grade de disco	24,55
Total	224,74

Fonte: Autoria própria, 2022

O valor obtido pela Equação 41 encontra-se em unidade monetária reais por hora, sendo segundo Leone (2010) e Aaker (2007), necessário para esse estudo em questão, transformar este valor em unidade monetária reais por hectare, pois este trabalho prioriza o uso dessa unidade de medida. Para realizar essa conversão foi necessário primeiramente estimar a capacidade de campo operacional total da incorporação mecânica (CCOTIM) por intermédio da Equação 21, conforme afirma esses autores.

5.12.3.1 Capacidade de Campo Operacional Total da Incorporação Mecânica

Segundo Crepaldi (2010), para encontrar a capacidade de campo operacional total da incorporação mecânica (CCOTIM), foi preciso levar em consideração a velocidade do trator (VT) que corresponde à 8 km.h⁻¹, a largura média de trabalho da grade de disco (Lmtgd) que é 2 m, a eficiência do trator (ET) que é de 85%, e por fim dividir o valor obtido por 10, para que assim seja realizada a transformação de medida.

De acordo com Leone (2010), por meio da Equação 21 foi encontrada a capacidade de campo operacional total da incorporação mecânica (CCOTIM) igual a 1,19 ha.h⁻¹. Sendo possível visualizar estes valores na Tabela 13.

Após realização do cálculo da Equação 21, foi preciso dividir o custo horário da incorporação mecânica total (CHIMT) que é igual a 224,74 reais, pelo resultado referente à capacidade de campo operacional total da incorporação mecânica (CCOTIM) que é igual à 8,40 ha.h⁻¹ por intermédio da Equação 22, e dessa maneira foi descoberto o custo operacional final da incorporação mecânica (COFIM) em reais por hectare que equivalente à 188,87 R\$.ha⁻¹. Esse resultado ficou dentro do esperado, como é observado na Tabela 13.

Tabela 13 - Capacidade de campo operacional total e custo operacional total final

CAPACIDADE DE CAMPO E CUSTO OPERACIONAL FINAL DA INCORPORAÇÃO MECÂNICA		
Informações	Unidade	Valores
Velocidade do trator – VT	Km.hora ⁻¹	7,00
Largura média de trabalho da grade de disco – Lmtgd	m	2,00
Eficiência de trabalho – ET	%	0,85
Custo horário da incorporação mecânica total – CHIMT	R\$.hora ⁻¹	224,75
Capacidade de campo operacional total da incorporação mecânica - CCOTIM	Ha.hora ⁻¹	1,19
Custo operacional final da incorporação mecânica – COFIM	R\$.ha ⁻¹	188,87

Fonte: Autoria própria, 2022

5.13 Custo de Aplicação dos Produtos Químicos de acordo os Diferentes Métodos

Conforme Bernardo *et al.* (2019), para determinar os custos de aplicação de produtos químicos de acordo com os diferentes métodos, levou-se em consideração que os fertilizantes, os herbicidas e os nematicidas precisam de 10 mm

de água para realizar um eficaz aproveitamento desses produtos e incorporá-los de maneira correta.

E de acordo com Bernardo *et al.* (2019), considerou-se que os inseticidas e os fungicidas precisassem apenas de 3 mm de água para um aproveitamento eficaz e para incorporar de forma adequada, conforme mostra a Tabela 14.

Além disso, foi considerado o custo de incorporação mecânica. Sendo, que neste caso só foi necessário apenas para os herbicidas e para os nematicidas, conforme Mantovani *et al.* (2009), de modo que, o resultado foi correspondente à 188,87 R\$.ha⁻¹, assim, como esperado e demonstrado na Tabela 13.

5.13.1 Custo da Aplicação na Quimigação

Segundo Bernardo *et al.* (2019) e Mantovani *et al.* (2009), o custo da aplicação na quimigação (CAQ) leva em conta a soma do custo operacional final da quimigação (COFQ) que é 67,34 R\$.ha⁻¹, sendo, que este valor encontra-se disposto na Tabela 10, mais a quantidade de água necessária para realizar um aproveitamento eficaz dos produtos químicos (QAI), que pode variar, pois para fertilizantes, herbicidas e nematicidas é 33,13 R\$.ha⁻¹, e para inseticidas e fungicidas é 12,13 R\$.ha⁻¹. De modo que estes resultados se encontram na Tabela 14.

Desse modo, o custo com a aplicação de fertilizantes, herbicidas e nematicidas na quimigação é igual a 100,47 R\$.ha⁻¹ e de inseticidas e fungicidas é 79,47 R\$.ha⁻¹, ficando dentro do esperado, conforme observado na Tabela 15.

5.13.2 Custo da Aplicação no Método Tratorizado

De acordo com Bernardo *et al.* (2019) e Mantovani *et al.* (2009), o custo de aplicação do trator é a soma do custo operacional tratorizado final (COTF) que é 30,70 R\$.ha⁻¹, sendo, que este valor está representado na Tabela 06, mais a quantidade de água necessária para realizar um eficaz aproveitamento dos produtos químicos (QAI), que também pode variar, pois para fertilizantes, herbicidas e nematicidas é 30,00 R\$.ha⁻¹, já para inseticidas e fungicidas é 9,00 R\$.ha⁻¹. De maneira, que estes resultados também se encontram na Tabela 14.

Dessa maneira, o custo com a aplicação de fertilizantes pelo método tratorizado é equivalente a 60,70 R\$.ha⁻¹ e o custo com a aplicação de inseticidas e de fungicidas é igual à 39,70 R\$.ha⁻¹. Conforme afirma esses autores.

Já para encontrar o custo com a aplicação de nematicidas e de herbicidas foi necessário somar o valor 60,70 R\$.ha⁻¹ mais 188,87 R\$.ha⁻¹, que correspondente ao custo da incorporação mecânica, resultando assim, um valor correspondente à 249,57 R\$.ha⁻¹, esse resultado ficou como esperável em relação as afirmações encontradas na literatura, conforme observado na Tabela 15.

5.13.3 Custo da Incorporação de Água Necessária para um Eficaz Aproveitamento dos Produtos Químicos na Quimigação

Foi indispensável estimar o custo da incorporação de água necessária para um eficaz aproveitamento dos fertilizantes, dos herbicidas e dos nematicidas na quimigação. Para isso, levou em consideração que o valor do metro cúbico de água é equivalente a 0,3 reais, a quantidade de água aplicada para fertilizantes, herbicidas, nematicidas é igual à 100 m³.ha⁻¹ e a capacidade de campo operacional do pivô central é igual à 4,40 ha.h⁻¹.

Multiplicando esses valores e somando o resultado obtido mais o custo do consumo de energia do injetor que é equivalente à 13,78 R\$.h⁻¹, foi possível encontrar a quantidade de água necessária para um eficaz aproveitamento dos fertilizantes, dos herbicidas e dos nematicidas na quimigação igual á 145,78 R\$.h⁻¹.

De acordo com Bernardo *et al.* (2019), para transformar esse valor em reais por hectare, foi necessário multiplicá-lo pela quantidade de horas que o pivô central leva para dar uma volta completa, que neste caso são 15 horas e por fim dividir o valor dessa multiplicação pelo tamanho da área que é igual a 66 hectares. Desse modo, o resultado encontrado é correspondente a 33,13 R\$.ha⁻¹. Conforme o esperado e pode ser observado na Tabela 14.

Já para estimar o custo da incorporação de água necessária para um eficaz aproveitamento dos fungicidas e dos inseticidas, levou-se em consideração que a quantidade de água é correspondente a 30 m³.ha⁻¹. Desse modo, somou-se o valor obtido mais o custo do consumo de energia do injetor que é de 13,78 R\$.h⁻¹ e foi encontrado a quantidade de água necessária para um eficaz aproveitamento dos fungicidas e dos inseticidas na quimigação igual à 39,60 R\$.h⁻¹.

Contudo, segundo Bernardo *et al.* (2019), para converter esse valor em reais por hectare, foi necessário multiplicar 39,60 R\$.h⁻¹ por 15 horas e por fim dividir o valor dessa multiplicação por 66 hectares. Encontrando, dessa forma, o resultado equivalente a 12,13 R\$.ha⁻¹. De acordo com o almejado e disposto na Tabela 14.

5.13.4 Custo da Incorporação de Água Necessária para um Eficaz Aproveitamento dos Produtos Químicos no Método Tratorizado

Para encontrar o custo da incorporação de água necessária para um eficaz aproveitamento dos fertilizantes, dos herbicidas e dos nematicidas no método convencional tratorizado, foi considerado que o valor do metro cúbico de água é equivalente a 0,3 reais, que a quantidade de água aplicada para fertilizantes, herbicidas, nematicidas é igual à 100 m³.ha⁻¹ e que a capacidade de campo operacional do método tratorizado corresponde à 8,40 ha.h⁻¹.

Foi essencial multiplicar os valores citados anteriormente para encontrar a quantidade de água necessária para um eficaz aproveitamento dos fertilizantes, dos herbicidas e dos nematicidas no método tratorizado e o resultado obtido foi equivalente a 252,00 R\$.h⁻¹. Sendo que, de acordo com Bernardo *et al.* (2019) e Mantovani *et al.* (2009), para transformar esse valor em reais por hectare, foi necessário realizar a multiplicação pela quantidade de horas trabalhadas no método tratorizado, que é equivalente 7,86 horas e dividir pelo tamanho da área que é igual 66 hectares e o resultado encontrado foi correspondente à 30,00 R\$.ha⁻¹. Conforme esperado e é possível ser observado na Tabela 14.

No entanto, para estimar o custo da incorporação de água necessária para um eficaz aproveitamento dos fungicidas e dos inseticidas no método tratorizado, foi levado em consideração que a quantidade de água é correspondente a 30 m³.ha⁻¹. Desse modo, a quantidade de água necessária para um eficaz aproveitamento dos fungicidas e dos inseticidas é igual à 75,60 R\$.h⁻¹.

Porém, segundo Bernardo *et al.* (2019) e Mantovani *et al.* (2009), para converter esse valor em reais por hectare, é indispensável multiplicá-lo por 7,86 horas e o resultado da multiplicação se divide por 66 hectares. De modo que, o valor final do custo da incorporação de água necessária para os fungicidas e para os inseticidas é equivalente a 9,00 R\$.ha⁻¹. Como esperado e disposto na Tabela 14.

Tabela 14 - Custo da incorporação de água necessária para um eficaz aproveitamento dos produtos químicos

Custo da Incorporação dos Produtos Químicos pela Água		
Informações	Unidade	Valores
Valor da água	R\$.m ⁻³	0,3
Quantidade de água para F.,H.,N.	m ³ .ha ⁻¹	100
Quantidade de água para Fg, I.	m ³ .ha ⁻¹	30
Tamanho da área	ha	66,00
Quantidade de horas para uma volta completa do pivô central	h	15,00
Quantidade de horas trabalhadas do trator em conjunto com pulverizador	h	7,86
Custo do consumo de energia do injetor	R\$.h ⁻¹	13,78
Capacidade de campo operacional do método tratorizado	ha.h ⁻¹	8,40
Capacidade de campo operacional do pivô central	ha.h ⁻¹	4,40
Gasto com água para F., H., N.	R\$.h ⁻¹	145,78
Gasto com água para Fg., I.	R\$.h ⁻¹	53,38
Custo de incorporação para F., H., N. no pivô central	R\$.ha ⁻¹	33,13
Custo de incorporação para Fg., I. no pivô central	R\$.ha ⁻¹	12,13
Custo de incorporação para F., H., N. no trator	R\$.ha ⁻¹	30,00
Custo de incorporação para Fg., I. no trator	R\$.ha ⁻¹	9,00

Fonte: Autoria própria, 2022

5.13.5 Custos de uma Única Aplicação de Produtos Químicos pela Quimigação e pelo Método Convencional Tratorizado

Na Tabela 15, estão descritos os custos de uma única aplicação de produtos químicos pela quimigação e pelo método convencional tratorizado. De maneira, que em ambas as situações, a área total foi considerada equivalente a 66 hectares. Além disso, tanto os custos fixos, quanto os custos variáveis dos dois métodos foram levados em conta para a obtenção dos resultados e também o custo da incorporação de água necessária para um aproveitamento eficaz dos fertilizantes e dos agrotóxicos.

Na comparação do custo de aplicação de único produto entre o custo da quimigação e o custo do método convencional tratorizado, verifica-se que assim como observado por Bernardo *et al.* (2019) e Mantovani *et al.* (2009), a quimigação só se

tornou mais viável economicamente na aplicação dos herbicidas e dos nematicidas. Isso porque, os mesmos quando aplicados por meio do método convencional tratorizado, requerem incorporação mecânica.

Dessa forma foi possível deduzir que a quimigação para aplicação de um único produto químico por ano só seria econômica para os produtos que demandam incorporação ao solo, conforme afirma esses autores. No entanto, mesmo diante dessa situação a hipótese de que a quimigação é mais viável do que o método convencional tratorizado, não pode ser rejeitada, visto que, a hipótese afirma haver uma dependência em relação ao número de aplicações ao ano dos produtos químicos.

Tabela 15 - Custos de uma única aplicação de produtos químicos de acordo com a quimigação e com o método convencional tratorizado em R\$.ha⁻¹

Produtos Químicos	Quimigação¹	Tratorizado²	Água Aplicada (mm)
Fertilizantes	100,47	60,7	10
Herbicidas	100,47	249,57 ³	10
Inseticida	79,47	39,7	3
Fungicida	79,47	39,7	3
Nematicida	100,47	249,57 ³	10

Fonte: Autoria própria, 2022

¹A soma do custo operacional final da quimigação (COFQ) que é 67,34 R\$.ha⁻¹, mais a quantidade de água necessária para realizar um aproveitamento eficaz dos produtos químicos (QAI), que pode variar, pois para fertilizantes, herbicidas e nematicidas é 33,13 R\$.ha⁻¹, e para inseticidas e fungicidas é 12,13 R\$.ha⁻¹.

²A soma do custo operacional tratorizado final (COTF) que é 30,70 R\$.ha⁻¹, mais a quantidade de água necessária para realizar um eficaz aproveitamento dos produtos químicos (QAI), que também pode variar, pois para fertilizantes, herbicidas e nematicidas é 30,00 R\$.ha⁻¹, já para inseticidas e fungicidas é 9,00 R\$.ha⁻¹.

³Já para encontrar o custo com a aplicação de nematicidas e de herbicidas foi necessário somar o valor 60,70 R\$.ha⁻¹ mais 188,87 R\$.ha⁻¹, que correspondente ao custo da incorporação mecânica.

5.13.6 Custos Comparativos entre a Quimigação e o Método Convencional Tratorizado usando Diferentes Esquemas de Aplicação de Produtos Químicos

Com o intuito de comparar os custos referentes a aplicação de fertilizantes e agrotóxicos entre os dois métodos, foi disposto por intermédio da Tabela 16, dez comparações dos custos de diferentes esquemas de aplicações de produtos químicos tanto na quimigação pelo pivô central, quanto no método convencional tratorizado.

Tabela 16 - Comparação dos custos em R\$.ha⁻¹ de diferentes esquemas de aplicações de produtos químicos na quimigação pelo pivô central e no método convencional tratorizado.

Esquema de Aplicações ¹	Quimigação			Método Tratorizado			Quimi- gação ²
	Custo Fixo	Custo Variável	Custo Total	Cust o Fixo	Custo Variável	Custo Total	
1F	67,34	33,13	100,47	30,70	30	60,70	-39,77
1F, 1H	33,67	66,26	99,93	15,35	248,87	264,22	164,29
2F, 1H	22,45	99,39	121,84	10,23	278,87	289,10	167,27
2F, 1H, 1I	16,84	111,52	128,36	7,68	287,87	295,55	167,19
2F, 1H, 1I, 1Fg	13,47	123,65	137,12	6,14	296,87	303,01	165,89
2F, 1H, 2I, 1Fg	11,22	135,78	147,00	5,12	305,87	310,99	163,98
2F, 1H, 4I	9,62	147,91	157,53	4,39	314,87	319,26	161,73
3F, 1H, 4I	8,42	181,04	189,46	3,84	344,87	348,71	159,25
3F, 2H, 4Fg	7,48	214,17	221,65	3,41	563,74	567,15	345,50
3F, 1H, 1N, 5I	6,73	226,3	233,03	3,07	572,74	575,81	342,78

Fonte: Autoria própria, 2022

¹Número de aplicações por ano e tipo de produto químico: F = Fertilizantes, Fg = Fungicidas, H = Herbicidas, I = Inseticidas, N = Nematicidas

² representa a economia com o sistema de a quimigação.

Portanto, de acordo com o que pode ser observado na Tabela 16, ficou evidente, por meio dessas comparações que, conforme esperado, a hipótese adotada neste estudo de que a quimigação torna-se mais econômica, quando usada duas ou mais vezes anualmente foi confirmada. Além disso, ratificando a hipótese, a viabilidade econômica com a quimigação, geralmente cresce quando se aumenta o número de aplicações anuais, mas depende também da combinação dos produtos químicos aplicados, conforme afirma esses autores.

Além disso, de acordo com Bernardo *et al.* (2019) e Mantovani *et al.* (2009), no caso do Brasil, a soja é uma cultura de grande importância econômica, sendo a principal cultura do agronegócio brasileiro. Além disso, a soja é uma das principais culturas irrigadas, principalmente por meio do pivô central, sendo assim, a quimigação deve proporcionar substancial economia, pois a soja exige aplicações periódicas de produtos juntamente com a necessidade de se molhar o solo.

6 CONCLUSÃO

O presente projeto propôs um estudo comparativo dos custos da quimigação versus a aplicação convencional tratorizada de fertilizantes e agrotóxicos. Após a análise dos resultados alcançados por meio desse estudo em questão, foi possível validar a hipótese de que a partir de duas ou mais aplicações de fertilizantes e de agrotóxicos, a quimigação se torna mais viável que a pulverização tratorizada.

Ou seja, a quimigação permite a redução dos custos relacionados com a aplicação de fertilizantes e agrotóxicos. Porém, se ocorrer apenas uma única aplicação anualmente, a pulverização tratorizada é financeiramente melhor.

Além disso, com a quimigação a lucratividade é maior do que com a pulverização tratorizada e quanto maior a área cultivada, mais rapidamente é possível repor o valor do investimento feito na aquisição do sistema de quimigação.

Ademais, a quimigação gera economia na mão de obra, diminui a compactação do solo, melhora a distribuição dos produtos químicos e aprimora a utilização dos equipamentos de irrigação.

Convém ressaltar, outrossim, que foi possível concluir que a aplicação simultânea de dois ou mais produtos na lavoura via água de irrigação pode aumentar os benefícios econômicos da quimigação.

REFERÊNCIAS

- AAKER, D. A. **Administração Estratégica de Mercado**. 7. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2007.
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E.C.; SILVA, D. D.; SOARES, A. A. **Manual da Irrigação**. 9. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2019.
- BORGES A. L.; COELHO E. F. **Fertirrigação em fruteiras tropicais**. 2 ed. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA, 2009.
- BORSSOI, A.L.; BOAS, M.A.V.; REISDÖRFER, M.; HERNÁNDEZ, R.H.; FOLL ADOR, F.A.C. **Water application uniformity and fertigation in a dripping irrigation set**. Engenharia Agrícola, v.32, p.718-726, 2012. DOI: 10.1590/S0100-69162012000400011.
- BRANDÃO, R. L. **Geodiversidade do Estado do Ceará**. Fortaleza, CE: CPRM, 2014. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/Geodiversidade_CE.pdf. Acesso em: 16 ago. 2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Circular técnica 86: métodos de irrigação e quimigação**. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA, 2006.
- BRASIL, **Lei Nº 7.802, de 11 de julho de 1989**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7802.htm. Acesso em: 17 fev. 2021.
- CARSON, R. L. **Primavera silenciosa**. Tradução Claudia Sant'Ana Martins. São Paulo, SP: Gaia, 2010.
- CHAIM, A. **Manual de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos**. 1. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2009. 73p.
- CHRISTOFIDIS, D. **O futuro da irrigação e a gestão das águas: Série Irrigação e Água**. Brasília, DF: Ministério da Integração Nacional, 2008. 15p.
- COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. 1 ed. Sete Lagoas, MG: EMPRAPA, 1994.
- COSTA, D. **Eficiência e qualidade das aplicações de fungicidas, por vias terrestre e aérea, no controle de doenças foliares e no rendimento de grãos de soja e milho**. Orientador: Walter Boller. 2009. Tese 144f. Doutorado (Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp141306.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2020.
- CREPALDI, S. A. **Curso básico de contabilidade de custos**. 5 ed. São Paulo, SP: Atlas, 2010.

CUNHA, J. P.; SILVA, L. L.; BOLLER, W.; RODRIGUES, J. F. Aplicação aérea e terrestre de fungicida para o controle de doenças do milho. **Revista Ciência Agronômica**, vol. 41, n. 3, p. 366- 372, Jul/ Set. 2010. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195314928007>. Acesso em: 17 out. 2019.

CUNHA, J. P.; FARNESE, A. C.; OLIVET, J. J.; VILLALBA, J. Deposição de Calda Pulverizada na Cultura da Soja Promovida pela Aplicação Aérea e Terrestre. **Revista Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 343- 351, Mar/ Abr. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v31n2/a14v31n2.pdf>. Acesso em: 19 out. 2019.

EMBRAPA: **Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 247 p.

ENGLISH, M.J.; SOLOMON, K.H.; HOFFMAN, G.J. **A paradigm shift in irrigation management**. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, New York, v.128, n.5, p.267-277, 2002.

FETT, M. S. **Análise econômica de sistemas de cultivo de macieiras no município de Vacaria/RS**. UFRGS. Dissertação, 145p. Mestrado em Economia Rural, Porto Alegre, 2005.

FRANÇA, A. **O programa 5S sem segredos: um roteiro para implementar o programa 5S em sua organização**. CD - Falando de Qualidade, Editora EPSE, São Paulo, SP, 2003. FUNDAÇÃO ABC. **Custo de mecanização agrícola**. Castro: Circular técnica, n. 32, out. de 2005.

FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A.; ARCE, R.A.B. **Alocação de água e combinação de atividades pela programação linear em um projeto hidroagrícola no município de Guairá (SP)**. Scientia Agricola, Piracicaba, v.51, n.3,p.524-532, 2019.

FUKUDA, H. **Irrigação no mundo**. 1. Ed. Japão: Universidade de Tóquio Press, 1976.

HELGUEIRA, D. B.; D'VILA, R. T.; GALON, L.; MOURA, D. S.; MARTINI, A. T.; PINTO, J. J. O. Weed Management in Rice under Sprinkler and Flood Irrigation Systems. **Revista Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**. Capão do Leão, RS. v. 36, e018177637. p. 1-9. 22 Set. 2017.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**. 5 ed. São Paulo, SP: Atlas, 1992. 465 p.

IKEDA, M.; ZAMBON, S. Manejo equilibrado. Caderno Técnico Cultivar, Pelotas, **Revista cultivar**, Fev/2013. Disponível em: http://agro.basf.com.br/agr/ms/pt_BR/function/conversions:/publish/content/APBrazil/solutions/fungicidas/cadernomanejoequilibrado/Caderno_Soja_Carboxamida_Final_165.pdf. Acesso em: 21 out. 2019.

JACTO. **Conceitos e tecnologias que visam aumentar o controle de pragas e doenças de baixeiro**. Manual de Treinamento, Pompéia, 2014. 15 p. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/download/SP15-VE.pdf>. Acesso em: 27 out. 2019.

KANEKO, H. F.; HERNADEZ, F. B. T.; SHIMADA, M. M.; FERREIRA, J. P. Estudo de caso: análise econômica da fertirrigação e adubação tratorizada em pivôs centrais considerando a altura do milho. **Revista Agrarian**. Dourados, MS. v. 5, n. 161, p. 161-165, 2012.

KLAVER, P. P. C.; GARCIA, R. F.; VASCONCELOS, J. F. S.; CORRÊA, D. Programa computacional para determinação da capacidade operacional de máquinas agrícolas. **Revista Global science and technology**, Rio Verde - GO, v. 05, n. 01, p. 52-58, 2012. Disponível em: file:///C:/Users/Arquivo/Downloads/449-2327-2-PB%20(1).pdf. Acesso em: 15 abr. 2020.

LACERDA, S. C.. **Aplicação de solução aquosa na pulverização com atomizador costal motorizado**. Orientador: Elton Fialho dos Reis. Tese 65f. Doutorado (Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Agrícola -Engenharia de Sistemas Agroindustriais) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2014. Disponível em: < O_L ACERDA.pdf >. Acesso em: 13 jun. 2020.

LEONE, G.; GUERRA, S. **Curso de Contabilidade de custos**. 4. ed.. São Paulo, SP: Atlas, 2010.

MAHER, M. **Contabilidade de custos: Criando valor para a administração**. 3 ed. São Paulo, SP: Atlas, 2010

MANTOVANI, E. C. et al. **Irrigação: princípios e métodos**. 1. Ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3 ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009.

MEGLIORINI, E. **Custos: análise e gestão**. 2 ed. São Paulo, SP: Pearson Prentice Hall, 2007.

MENECHINI, W.; MAGGI, M. F.; JADOSKI, S. O.; LEITE, C. D.; CAMICIA, R. M. Aerial and ground application of fungicide in corn second crop on diseases control. **Resvista Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná/ Cascavel, PR. v. 37. nl. p. 116-127. 2017.

MIALHE, L. G. **Máquinas Motoras na Agricultura**. São Paulo, SP: Editora da Universidade de São Paulo, v. 2, 1980. 366 p.

MINGUELA, J. V.; CUNHA, J. P. **Manual de Aplicação de Produtos Fitossanitários**. 1 ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2013. 588 p.

MONTEIRO, L. A.; ALBIERO, D. **Segurança na operação com máquinas agrícolas**. Fortaleza, CE: Imprensa Universitária da UFC, 2013. 124 p.

MOREIRA, C.A.; MENEZES, J.F. **O custo operacional da maquinaria agrícola**. São Paulo, SP: Atual Agronomia, v.1, n.1, p. 38-48, 1973.

MOURA, C.R.S.; CARRETEIRO, R.P. **Lubrificantes e lubrificação: Petróleos e Derivados** 1 ed. São Paulo, SP: Livros técnicos e científicos, 1975.

NORONHA, J.F.; MIALHE, L.G.; DUARTE, L.P. **Custos de sistemas tratorizados na agricultura brasileira**. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 29, Campinas, 1991. **Anais**. Brasília: SOBER, 1991. p. 13-33.

NUYTTENS, D.; SCHAMPHELEIRE, M.; BRUSSELMAN, E.; DEKEYSER, D.; VERBOVEN, P. **Drift from field crop sprayers using an integrated approach: results of a five-year study**. Transactions of the ASABE, St. Joseph, v. 54, n. 2, p. 403-408, 2010. Disponível em: http://pure.ilvo.vlaanderen.be/portal/files/520337/2010_Nuyttens_et_al._Drift_project_Proc_ASABE.pdf. Acesso em: 29 out. 2019.

OLIVEIRA, M. D. M.. **Custo operacional e ponto de renovação de tratores agrícolas de pneus: avaliação de uma frota Piracicaba, SP: USP, 2000**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30/01/2000, Foz do Iguaçu. Anais... Cascavel: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. 1 CD ROM.

OLIVEIRA, A. S.; PEREIRA, F. A. C.; PAZ, V. P. S.; SANTOS, C. A. Avaliação de desempenho de sistemas pivô central na região oeste da Bahia. **Revista Irriga (UNESP Botucatu)**, Botucatu, v. 9, n. 2, p. 126 -135, Mai-Ago, 2004.

OLIVEIRA, V. A. B.; OLIVEIRA, G. M.; GIGLIOTI, E. A.; IGARASKI, W. T.; SAAB, O. J. G. A. Desempenho de bicos rotativos e hidráulicos na aplicação aérea de fungicida em cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, Paraná, v.4, n.3, p.111-122, 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/936955/1/Eder.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2019.

REPKE, D.; TEIXEIRA, D. A. Avaliação da Densidade de Gotas Durante a Pulverização Sobre Diferentes Arranjos Espaciais na Cultura do Amendoim. **Centro Paula Souza**, Pompeia, Governo de São Paulo, junho, 2013. Disponível em: <http://happyslide.org/doc/578606/avalia%C3%A7%C3%A3o-da-densidade-de-gotasdurante-a-pulveriza%C3%A7%C3%A3o-sobre>. Acesso em: 20 nov. 2019.

RODRIGUES, L. **Estudos de agrotóxicos usados na agricultura através da técnica de difração de raio x**. Orientador: Delson Braz. Tese 89f. Doutorado (Pós-graduação em Engenharia Nuclear, COPPE) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: http://antigo.nuclear.ufrj.br/MSc%20Dissertacoes/2012/dissertacao_Leonardo.pdf. Acesso em: 22 nov. 2019.

SANTOS, J. E. G.; SANTOS FILHO, A. G.; BÓRMIO, M. F. **Conforto térmico: Uma avaliação em tratores agrícolas sem cabines**. In: **SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, Bauru, SP. 2004.

SANTOS, J. M. F. Princípios básicos da aplicação de agrotóxicos. **Visão Agrícola**, nº 6, 2006.

SANTOS, L. C.; ZOCOLER, J. L.; JUSTI, A. L.; SILVA, A. O.; CORREIA, J. S. Estudo Comparativo da Taxa de Injeção em Injetor do Tipo Venturi com e Sem Válvula de Retenção. **Revista Irriga (UNESP Botucatu)**, v. 1, n. 01, 2012 - Winotec - Edição Especial Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/107867>. Acesso em: 15 ago. 2020.

SOUSA, V. F.; PINTO, J. M.; COELHO, E. F. Manejo da fertirrigação. In: BORGES A. L.; COELHO E. F. **Fertirrigação em fruteiras tropicais**. 2 ed. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA, p. 61-72, 2009.

SOUZA, L. A. de; CUNHA, J. P.; PAVININ, L.A. Deposição do herbicida 2,4 –D Amina com diferentes volumes e pontas de pulverização em plantas infestantes. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, n.1, p.78-85, jan./mar. 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S180666902012000100010. Acesso em: 14 ago. 2020.

TURCO, J. E. P.; OLIVEIRA, P. J. D.; CARLETO, N. **Consumo e custo de energia elétrica em cultura de cebola irrigada por pivô central**. IN: XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015 13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

VIEGAS NETO, A. L. **Tecnologia de aplicação de inseticida no controle da lagarta-falsa-medideira na cultura da soja**. 67 f. Mestrado (Mestrado em Produção Vegetal)- Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2013.

ZAMBIANCO, E. C. **Avaliação na Qualidade de Pulverização em Plantas de Tomate Utilizando Diferentes Pontas**. 79 f. Mestrado (Engenharia de Sistemas Agrícolas)- Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo, 2013. Disponível em: file:///C:/Users/Arquivo/Downloads/Edmar_Casarin_Zambianco.pdf . Acesso em: 13 out. 2020.