

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**SISTEMA DE APOIO À DECISÃO EM TECNOLOGIA  
DE APLICAÇÃO DE PRECISÃO (SISD-TAP) PARA A  
OTIMIZAÇÃO DA GESTÃO DE PRAGAS NAS  
CULTURAS**

**TESE DE DOUTORADO**

**Pablo Gustavo Silva Ferrer**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2014**

**Sistema de Apoio à Decisão em Tecnologia de Aplicação de  
Precisão (SISD-TAP) para a otimização da gestão de pragas nas  
Culturas**

**Pablo Gustavo Silva Ferrer**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Mecanização Agrícola, da  
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para a  
obtenção do grau de  
**Doutor em Engenharia Agrícola.**

**Orientador: Prof. Dr. José Fernando Schlosser**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2014**

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

Silva Ferrer, Pablo Gustavo  
SISTEMA DE APOIO À DECISÃO EM TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO  
DE PRECISÃO (SISD-TAP) PARA A OTIMIZAÇÃO DA GESTÃO DE  
PRAGAS NAS CULTURAS. / Pablo Gustavo Silva Ferrer.-2014.  
174 p.; 30cm

Orientador: José Fernando Schlosser  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2014

1. Pulverização 2. Agrícola 3. Modelo 4.  
Fitossanitários 5. Simulação I. Schlosser, José Fernando  
II. Título.

© 2014

Todos os direitos autorais reservados a Pablo Gustavo Silva Ferrer, a reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte. Endereço: CCR- Laboratório de AGROTECNOLOGIA-Núcleo de Ensaios de Maquinas Agrícolas. Campus da UFSM, Santa Maria, RS. CEP: 97105-900. Fone (055)55 32208175; Fax (055) 32208695; E-mail: psilvaferre@gmail.com

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Tese de Doutorado

**SISTEMA DE APOIO À DECISÃO EM TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO  
DE PRECISÃO (SISD-TAP) PARA A OTIMIZAÇÃO DA GESTÃO DE  
PRAGAS NAS CULTURAS**

elaborado por  
**Pablo Gustavo Silva Ferrer**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Engenharia Agrícola.**

COMISSÃO EXAMINADORA:

---

**José Fernando Schlosser, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Leonardo Nabaes Romano, Dr. (UFSM)**

---

**Alexandre Russini, Dr. (UNIPAMPA)**

---

**Otávio Jorge Abi Saab, Dr. (UEL)**

---

**Walter Boller, Dr. (UPF)**

Santa Maria, 24 fevereiro 2014.

## AGRADECIMENTOS

A **Universidade Federal de Santa Maria** e ao **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola** pela formação em Pós-graduação.

A **Universidade Central da Venezuela** e ao **Conselho de Desenvolvimento Científico e Humanístico (CDCH)** pelo apoio institucional para a realização dos estudos de Doutorado.

Muitas pessoas em maior ou menor interesse estiveram atentos durante a execução e a conclusão do Doutorado, no entanto, e me expor à omissão de alguns deles pedindo desculpas com antecedência, destaco alguns nomes que merecem o meu maior apreço e gratidão pelo apoio demonstrado, pelo conselho oportuno, as observações e, especialmente, para o incentivo a concluí-lo, são eles:

Os **Professores Rafael Dávila, Adriana Florentino, Leonardo Taylhardat, Marelia Puche, Catalina Ramis e Angel Centeno**, da **Universidade Central da Venezuela** e os **Professores Leonardo Nabaes Romano, Jerson Carus Guedes, Reimar Carlesso, Arno Udo Dallmeyer, Airton dos Santos Alonço, Catize Blandelero e Telmo Carneiro Amado** da **Universidade Federal de Santa Maria**.

Em especial ao grande amigo, colega e orientador **Professor José Fernando Schlosser**, pelo apoio e solidariedade durante estes quatro anos no Brasil, extensível a sua extraordinária família, muito obrigado.

A nossa pequena família em Santa Maria, **Manoel e Silvia**, sua amizade incondicional, sempre estarão presentes, seja o lugar e o tempo que for.

A todos os **colegas, amigos e funcionários ligados ao AGROTEC-NEMA e ao PPGEA** que pela imensa lista não estão citados nominalmente.

Ao grande programador **Jeann Maoothz**, artífice da versão computacional do SISD-TAP.

Aos funcionários técnico-administrativos **Estevão Marinho e Luciana Nunes** pelo apoio e auxílio nos processos administrativos do curso de Doutorado.

A **todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente com a realização deste trabalho** e que não estão citadas acima fica o meu agradecimento.

*“Vuele libre, ilustre amigo, a la casa de las verdades eternas, al encuentro del infinito y una vez allí, cúbrase de gloria”.*

*Márquez Laureano, 25 Oct 2013*

## RESUMO

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola  
Universidade Federal de Santa Maria

### **SISTEMA DE APOIO À DECISÃO EM TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRECISÃO (SISD-TAP) PARA A OTIMIZAÇÃO DA GESTÃO DE PRAGAS NAS CULTURAS**

AUTOR: PABLO GUSTAVO SILVA FERRER  
ORIENTADOR: JOSÉ FERNANDO SCHLOSSER  
Local e Data: Santa Maria, RS, 24 fevereiro 2014.

Devido ao grande número e à complexidade dos fatores que influenciam o estudo da eficiência e eficácia da tecnologia de aplicação de fitossanitários, torna-se realmente difícil desenvolver métodos multifatoriais para a definição de indicadores de forma interdisciplinar e integradora do controle fitossanitário. Nesse sentido, este trabalho foi realizado com o objetivo de desenvolver um Sistema de Apoio a Decisões em Tecnologia de Aplicação de Precisão (SISD-TAP) que possa, de forma simples, prática e efetiva, prover o produtor agrícola de alternativas e/ou cenários: Normalizado (Volume de aplicação produtor DPrd,  $Q_1$ ), Biologicamente Eficiente (Volume de aplicação Biologicamente Eficiente DBE,  $Q_2$ ) e Clima/Alvo (Volume de aplicação Crítica DCR,  $Q_3$ ), para a gestão do controle das pragas e doenças dos sistemas usados. Assim, este trabalho é baseado em critérios de sustentabilidade e aproveita a vasta quantidade de informação das diversas pesquisas e modelos táticos desenvolvidos ao longo de mais de cinco décadas de estudos, na área de manejo de pragas e tecnologia de aplicação. O SISD-TAP (versão *Alpha*) permite a análise dos fatores associados ao cultivo, ao clima, às pragas, às máquinas e aos equipamentos, à tecnologia de aplicação e aos aspectos socioeconômicos e ambientais para decidir sobre: (1) Qual é o melhor momento da aplicação, (2) Quais seus parâmetros operacionais, (3) Qual a eficiência de aplicação requerida e (4) Quais serão os custos de aplicação. O sistema foi projetado para possibilitar a otimização do controle das pragas, além de promover a adoção de uma gestão moderna do agronegócio (agricultura de precisão e/ou gestão de sítios específicos) e utilização de tecnologias inovadoras da mecanização agrícola (por exemplo, sistemas inteligentes, sensores e robótica), visando à melhoria na produção e sustentabilidade das empresas agrícolas.

**Palavras-chave:** Pulverização Agrícola, Modelo, Fitossanitários, Simulação.

## **ABSTRACT**

### **Doctorate Thesis**

Postgraduate Program in Agricultural Engineering  
Federal University of Santa Maria

## **DECISION SUPPORT SYSTEM FOR PRECISION APPLICATION TECHNOLOGY (SISD-TAP) FOR OPTIMIZING THE MANAGEMENT OF PESTS IN CROPS**

**AUTHOR: PABLO GUSTAVO SILVA FERRER**  
**ADVISER: JOSÉ FERNANDO SCHLOSSER**  
Santa Maria, RS, February 24<sup>TH</sup> 2014.

Due to the large number and complexity of factors influencing the study of efficiency and efficacy of pesticide application technology, it becomes difficult to develop multivariate methods, to define indicators of interdisciplinary and integrative manner, to control phytosanitary crops. This work conducted with the objective to develop a Decision Support System in Precision Application Technology (SISD-TAP). Which can form simple, practical and effective, providing alternatives and / or scenarios: Normalized (application volume Producer DPRD,  $Q_1$ ), Efficient Biologically (application volume biologically Efficient (DBE,  $Q_2$ ) and Climate / Target (application volume critical DCR,  $Q_3$ ) to the farmer for management control of pests and diseases in your crops. Based on criteria of sustainability and leveraging the vast amounts of information from various surveys and tactical models developed over more than five decades of research in the area of pest management and application technology. The SISD-TAP (Alpha version), allows the analysis of factors associated with cultivation, agro climate, pests, machines and equipment, technology implementation and environmental aspects socioeconomic, to decide on: (1) When is the best time of the application, (2) What are your operational parameters, (3) the efficiency of application requirements and (4) Which will be the implementation costs and environmental hazards expected. Directed with the purpose to enable the optimization of pest control, and promote the adoption of modern management of agribusiness (precision farming and/or management specific sites), with the use of innovative agricultural mechanization (for example systems intelligent sensors and robotics) in order to improve in production.

**Key words:** Spraying, Agricultural, Model, Phytosanitary, Simulation



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1– Modelo Conceitual de Decisões em Tecnologia de Aplicação de produtos fitossanitários.....	54
Figura 2 – Resultados das respostas dos entrevistados em relação ao melhor momento de aplicação.....	57
Figura 3 – Resultados das respostas dos entrevistados para avaliação da eficiência e eficácia de aplicação.....	60
Figura 4 – Resultado das respostas dos especialistas para saídas a serem oferecidas por um sistema de decisão.....	63
Figura 5 – Respostas dos especialistas e usuários da tecnologia de aplicação sobre qual é o tratamento do controle de pragas mais adequado.....	66
Figura 6 – Sistemas de informação e computação para o planejamento das aplicações de produtos fitossanitários.....	69
Figura 7 – Guia básico da velocidade do vento baseado na observação de sinais visíveis.....	74
Figura 8 – Fluxograma (sínteses) SISD-TAP.....	76
Figura 9 – Algoritmo para a seleção de Tamanho Gota (VMD) e Cobertura (Imp.cm <sup>-2</sup> ) .....	79
Figura 10 – Algoritmo de Seleção de pontas.....	85
Figura 11a – Algoritmo eficiência de aplicação.....	89
Figura 11b – Algoritmo eficiência de aplicação.....	90
Figura 12a – Algoritmo para Seleção da ponta.....	93
Figura 12b – Algoritmo para Seleção da ponta.....	94
Figura 12c – Algoritmo para Seleção da ponta.....	95
Figura 12d – Algoritmo para Seleção da ponta.....	96
Figura 13a – Algoritmo para Momento de aplicação.....	99
Figura 13b – Algoritmo para Momento de aplicação.....	100
Figura 14 – Versão Alpha SISD-TAP. Tela Entrada dados Talhão.....	102
Figura 15 – Versão Alpha SISD-TAP. Tela Entrada dados Máquina.....	103
Figura 16 – Versão Alpha SISD-TAP. Tela Saídas Simulação.....	104

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Matriz Mudge para a valoração dos fatores de influência da amostra de 5 produtores da Região Central do Rio Grande do Sul.....	48
Tabela 2 – Resultados da estimativa do grau de importância em percentagem (%) e posição (ordinária) dos fatores de influência das respostas dos produtores rurais da Região Central do Rio Grande do Sul.....	48
Tabela 3 – Resultados da valoração dos 51 Sub Critérios/Fatores avaliados para cada critério geral baseado nas respostas obtidas no Questionário Fatores de influência em tecnologia de aplicação. ....	52
Tabela 4 – Resultados da valoração e classificação hierárquica dos Critérios (fatores gerais) baseado nas respostas obtidas no Questionário Fatores de influência em tecnologia de aplicação.....	53
Tabela 5 – Modelo de Seleção do Tamanho médio Volumétrico (VMD) expresso em ( $\mu\text{m}$ ) e Cobertura de Gota ( $\text{Imp.cm}^{-2}$ ) para cada tipo de produto químico fitossanitário aplicado.....	78
Tabela 6 – Valoração do índice ( $T\tau$ ) para a definição do momento de aplicação.....	98
Tabela 7 – Informação entradas Talhão Simulação SISD-TAP.....	106
Tabela 8 – Entradas culturas, pragas e produtos para Simulação SISD-TAP.....	106
Tabela 9 – Informação entradas dados Máquinas Simulação SISD-TAP.....	107
Tabela 10 – Resultados das simulações para a validação dos algoritmos do SISD-TAP, Versão Alpha.....	108

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação da pulverização de acordo com o tamanho da gota.....	20
Quadro 2 – Cobertura e tamanho de gota.....	21
Quadro 3a – Sinótese bibliográfica dos Sistemas de Suporte de Decisões (SSD) desenvolvidos para a gestão das pragas das culturas, com enfoque na Tecnologia de aplicação de fitossanitários, publicados em revistas periódicas no período 1996-2011.....	34
Quadro 3b – Sinótese bibliográfica dos Sistemas de Suporte de Decisões (SSD) desenvolvidos para a gestão das pragas das culturas, com enfoque na Tecnologia de aplicação de fitossanitários, publicados em revistas periódicas no período 1996-2011.....	35
Quadro 4 - Modelo Tático para definição da cobertura.....	80
Quadro 5 - Valores referências para o Índice F (v/a).....	82
Quadro 6 - Classificação da Capacidade evaporativa do ar baseado na DPV (hPa).....	83
Quadro 7 - Código de cores para pontas em função a vazão.....	84
Quadro 8 - Distribuição de tamanhos de Gotas. (Pressão de trabalho 3 bar).....	92

## LISTA DE APÊNDICES

<b>Apêndice A – Questionário Fatores de Influência SISD-TAP.....</b>	<b>132</b>
<b>Apêndice B – Fluxograma SISD-TAP.....</b>	<b>140</b>
<b>Apêndice C – Tabela Dinâmica de pontas.....</b>	<b>155</b>
<b>Apêndice D – Banco Dinâmico de pontas.....</b>	<b>157</b>
<b>Apêndice E – Algoritmo de custos e eficiência de trabalho.....</b>	<b>165</b>

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>19</b>
2.1 Tecnologia de Aplicação de fitossanitários: Fatores de influência.....	19
2.2 Agricultura de Precisão (AP) e Manejo de Sitio Específico.....	25
2.3 Sistemas Especialistas de Suporte à Decisão para gestão e controle de pragas, modelos táticos aplicados e simulação.....	29
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>37</b>
3.1 Localização.....	37
3.2 Primeira Etapa.....	37
3.2.1 Definição de prioridades na gestão aplicação de produtos fitossanitários, Estudo de Caso da Região Central do Rio Grande do Sul, Brasil.....	37
3.2.2 Definição dos fatores de influência em Tecnologia de Aplicação de fitossanitários. Criação do Modelo Conceitual de Decisão.....	39
3.2.3 Determinação dos fatores de influência para a definição do melhor momento de aplicação, da Eficiência/eficácia dos controles e da utilização de sistemas informáticos no manejo de pragas nas culturas.....	42
3.3 Segunda Etapa.....	43
3.3.1 Projeto e seleção de Cenários (modelos táticos) para o SISD-TAP.....	43
3.3.2 Desenvolvimento de SISD-TAP.....	44
3.3.3 Testes e validação da SISD-TAP.....	46
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>47</b>
4.1 Definição de prioridades no manejo da aplicação de produtos fitossanitários, Estudo de Caso da Região Central do Rio Grande do Sul, Brasil.....	47
4.2 Definição dos fatores de influência em Tecnologia de Aplicação de fitossanitários. Criação do Modelo Conceitual de Decisão.....	51
4.3 Determinação dos fatores de influência para a definição do melhor momento de aplicação, Eficiência/eficácia e utilização de sistemas informáticos na gestão de pragas.....	56
4.4 Projeto e Seleção de Cenários (modelos táticos) para o SISD-TAP.....	71

4.4.1 Descrição Geral do SISD-TAP.....	72
4.4.2 Definição dos Cenários do modelo.....	77
4.4.3 Modelos de Custo da Aplicação.....	86
4.4.4 Modelo para estimar a Eficiência de Aplicação.....	87
4.4.5 Guia para a Seleção de Pontas.....	91
4.4.6 Modelo para estimar Momento de Aplicação.....	97
<b>4.5</b> Aplicando o SISD-TAP: Testes e validação.....	101
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>111</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>113</b>
<b>GLOSSÁRIO</b> .....	<b>129</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>131</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Estudos realizados décadas anteriores concluíram que a produtividade das culturas foi reduzida por ação direta de pragas (BATRA, 1982), indicando o autor que, apenas nos Estados Unidos, os efeitos de uma variedade de pragas, incluindo em torno de 160 espécies de bactérias, 250 tipos de vírus, 8.000 espécies de fungos, 8.000 de insetos e 2.000 de plantas daninhas, são a principal causa de baixos rendimentos e perdas de safras. Atualmente, insetos pragas podem causar danos consideráveis à agricultura em todo o mundo, atacando culturas no campo e no armazenamento. Por exemplo, a *Helicoverpa spp.* pode trazer prejuízos estimados em 225 milhões de dólares por ano à agricultura australiana (BISIGNANESIA e BORGAS, 2006).

Colbach (2010) menciona que, desde o final do século 20 e no limiar do século 21, as perdas de rendimento em todo o mundo devido às pragas (que incluem plantas daninhas, insetos e patógenos) foram estimadas em aproximadamente 40% do potencial de produção, apesar das medidas de proteção das culturas adotadas pelos agricultores.

Com o objetivo de controlar o ataque dessas pragas, a partir de 1945, a revolução verde da agricultura possibilitou o desenvolvimento de tecnologias para maximizar a produtividade das culturas (técnicas de irrigação, melhoramento de sementes, máquinas agrícolas e fertilizantes químicos), assim como de produtos químicos fitossanitários que marcaram a evolução da mesma, intensificando-se sua utilização até, nos últimos anos, depender quase exclusivamente da síntese desses produtos na proteção das culturas (DE SOUZA et al., 2010).

Os fitossanitários são valorizados pela sua uniforme e rápida eficiência, facilidade de aplicação e transporte, assim como vida relativamente longa. Em muitos países, o controle de pragas se baseia principalmente em uma frequente e sistemática aplicação de produtos químicos, levando a um aumento da poluição ambiental das águas subterrâneas e superficiais.

O uso indevido dessas substâncias muitas vezes contribui para a evolução da resistência das pragas, por exemplo, insetos, fungos, ou plantas daninhas, o que tem complicado ainda mais a eficácia nos controles. Ao mesmo tempo, a agricultura tem que alimentar, vestir e fornecer combustível para a população mundial em rápido crescimento (COLBACH, 2010). Porém, o controle de insetos e outros artrópodes é um processo

complexo e, muitas vezes, envolve o uso de controle químico (TANGA et al. 2005).

No Brasil, a maior parte da agricultura com elevado valor econômico depende da aplicação de produtos químicos. Em 2005, o Brasil era o terceiro maior consumidor de produtos químico no mundo, superado apenas pelos EUA e Japão (KISSMANN, 2005). No ano de 2010, o mercado brasileiro de agroquímicos somou um montante de 9,8 bilhões de dólares, já em 2012, o Brasil se tornou o maior consumidor de agroquímicos do mundo (ANDEF, 2012).

As melhorias no desenvolvimento dos fitossanitários, o aumento da taxa de degradação após a aplicação, a alta seletividade à aplicação e a emergência de novas estratégias e métodos mais precisos de aplicação tornaram-se possíveis para efetivamente combinar o uso de fitossanitários com outros métodos de controle das pragas, surgindo o denominado Programa de Manejo Integrado de Pragas (MIP). A preocupação pública com a qualidade ambiental tem levado à maior ênfase em estratégias alternativas de gestão de pragas, especialmente para o controle biológico.

Desse modo, o uso de fitossanitários químicos tem sido um dos passos mais importantes na evolução da agricultura moderna. Eles são, ao mesmo tempo, instrumentos sofisticados em práticas agrícolas, bem como potencialmente perigosos para a saúde humana e para o equilíbrio ambiental.

Infelizmente, os métodos e as ferramentas utilizadas para implementar essas preparações são praticamente os mesmos adotados para “molhar” as plantas com produtos inorgânicos simples, enquanto a sua utilização requer a adoção de métodos e ferramentas adequadas, que garantam também aplicações operacionais assim, em termos da qualidade da deposição, e minimizem as perdas por evaporação e deriva.

Além disso, são fatores importantes a considerar a segurança e menor exposição do operador, ao executar as aplicações e os efeitos prejudiciais que pode ter sobre a lavoura, áreas circundantes e outros componentes do ecossistema.

No final, com o aumento do conhecimento e dos recursos disponíveis para o manejo integrado de pragas (MIP), um novo objetivo poderia ser definido: otimizar os controles, procurando uma redução do uso de defensivos, visando a sua minimização e, assim, garantir maior sustentabilidade da agricultura. Contudo, o sucesso de um tratamento com fitossanitários encontra-se fortemente determinado pela adequada identificação e interpretação dos processos e variáveis que devem ser estudadas, assim a cuidadosa análise desses fatores possibilitaria alcançar com o menor grau de incerteza o controle efetivo das pragas que afetam as lavouras.



A eficiência dos controles pode ser melhorada com a previsão exata das variáveis que afetam os agro ecossistemas em que as pragas atingem níveis de dano econômico. Os sistemas de computação podem permitir ao produtor desenvolver e implementar uma alternativa de manejo, para antecipar as necessidades de técnicas e métodos de forma adequada, bem como melhorar e coordenar o uso de várias combinações de técnicas de manejo integrado de pragas.

Esse tipo de modelo de sistemas de alta complexidade foi desenvolvido para muitas pragas, no entanto, o acesso inadequado à informação dos resultados de pesquisa (interdisciplinar) para o controle de pragas tem sido um fator limitante para o uso generalizado do MIP e da utilização real e efetiva de modelos por parte dos produtores (WILSON et al., 2009).

É necessária a criação de modelos mais simples, com as regras de decisão de menor complexidade, que devem ser concebidos para fornecer decisões binárias aos agricultores, como: "Sim, você precisa de um tratamento" ou "Não, não é necessário tratar".

É claro que essas orientações estão associadas, geralmente, ao estabelecimento de um indicador de "risco". Portanto, essas regras de decisão são normalmente associadas tanto com um indicador de risco, como a um limiar de decisão.

Fabre et al. (2007) mencionaram que, para tomar uma decisão sobre a possibilidade de aplicar um pesticida, um agricultor tem que escolher entre três estratégias de controle possível. Estas são: (i) pulverização profilática, (ii) não pulverização ou (iii) pulverização de acordo com as recomendações de técnicas de modelagem preditiva (DEBAEKE e CHABANIS, 1999; MUMFORD e NORTON, 1984).

Esses modelos "táticos" são projetados para aconselhar os agricultores sobre a necessidade e o momento da aplicação de medidas de proteção das culturas (WAY e VAN EMDEN, 2000).

Nesse sentido, Masin et al. (2011) indicam que um processo de tomada de decisão deve indicar como e quando o controle de pragas deve ser praticado. Até agora, sistemas de apoio à decisão (SAD) para controle de pragas, a fim de evitar perdas de rendimento das culturas, podem orientar decisões sob "sim ou não" fazer a aplicação, ou "como" fazê-la. No entanto, a experiência mostra que os agricultores precisam de um SAD que também possa servir como um guia no tratamento, o que seria uma ferramenta eficaz para a gestão dos controles.

Por conseguinte, há necessidade de novas estratégias de gestão para conseguir o controle de pragas, garantindo assim a produção e limitando o impacto da utilização de

fitossanitários sobre o meio ambiente e os riscos à saúde das pessoas.

Acredita-se que as considerações apresentadas acima são motivação suficiente e, sem dúvida, apoiam a implementação deste trabalho, no qual definimos os objetivos da pesquisa, que são apresentados a seguir:

#### Objetivo – geral

Desenvolver um Sistema de Apoio à Decisão em Tecnologia de Aplicação de Precisão (SISD-TAP), favorecendo a aplicação baseada no manejo sítio específico e sob critérios de sustentabilidade para a otimização do controle de pragas nas culturas.

#### Objetivos específicos da primeira Etapa

- Realizar um estudo qualitativo do estado atual da tecnologia de aplicação de produtos químicos fitossanitários em sistemas de produção, característicos de pequenos agricultores na região central do Rio Grande do Sul.

- Definir os fatores de influência em Tecnologia de Aplicação de fitossanitários e criar um Modelo Conceitual de Decisão.

- Determinar os fatores de influência para a definição do melhor momento e Eficiência/eficácia da aplicação dos controles, assim como a utilização de sistemas informáticos na gestão de pragas nas culturas.

#### Objetivos específicos da segunda Etapa:

- Sistematizar um processo de determinação e análise de tecnologia de aplicação, inter-relacionando os fatores e as variáveis que afetam a gestão de pragas.

- Selecionar modelos especialistas táticos e desenvolver um Sistema de Apoio à Decisão em Tecnologia de Aplicação de Precisão (SISD-TAP).

- Testar e validar o Sistema de Apoio à Decisão em Tecnologia de Aplicação em ambiente simulado.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Tecnologia de Aplicação de fitossanitários: Fatores de influência**

A aplicação de fitossanitários tem se tornado, nos últimos anos, uma das mais controversas e difíceis atividades para a agricultura atual. Há a necessidade urgente de produzir alimentos de qualidade para o usuário, sem nenhum traço de produtos nocivos à saúde e também com a total ausência de pragas e/ou doenças. Ainda há necessidade de respeitar o meio ambiente, de reduzir ou eliminar os riscos de contaminação, tanto em áreas naturais (águas, áreas verdes, áreas de interesse específico) quanto em áreas públicas ou em risco particular (GIL et al., 2010).

Nesse sentido, é importante salientar o mencionado por Matuo (1990) que definiu tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas como “o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem uma correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, no momento adequado e com o mínimo de contaminação de outras áreas” (Matuo, 1990, p 12.).

Alday e Barrufet (1992) apontaram que o uso de tratamentos fitossanitários deve ser feito de uma forma razoável, sistemática e não em forma aproximada, indicando que a degradação ambiental continuada e a contaminação dos produtos agrícolas por resíduos tóxicos convergem para a necessidade de uma aplicação mais racional ao obter: redução dos custos de implementação, eliminação de resíduos em produtos vegetais, redução de taxas de aplicação e redução da deriva do produto.

Complementa Schlosser (2002), ao indicar que, para se obter uma aplicação de agrotóxicos de qualidade, deve-se reunir o maior conhecimento possível sobre quatro fatores: máquina, alvo biológico, fatores climáticos e agrotóxicos.

Assim, aplicação de produtos químicos fitossanitários, como foi observado por esses autores, está baseada em dois sistemas principais, os quais dependem, basicamente, da base (veículo) e do ingrediente ativo ou molécula capaz de realizar o controle: I. - Distribuição de um sólido: polvilhar. II. - Distribuição de um líquido: pulverizar.

O primeiro é definido pela distribuição de um pesticida em forma de pó, usando uma corrente de ar que carrega parte do produto a distribuir no alvo. O segundo sistema permite a

distribuição de fitossanitários em forma líquida, depositando-o sobre as plantas em forma de pequenas gotas.

Em geral, as gotas de pulverização são produzidas pelo fracionamento do líquido, apresentando uma distribuição heterogênea em seus diâmetros equivalentes, independentemente da técnica escolhida (MÁRQUEZ, 1995). O tamanho das gotas produzidas encontra-se entre 50 e 1000 micrometros, permitindo a classificação com base na pulverização com diâmetro médio volumétrico (VMD) da população de gotas produzida, como é apresentado no Quadro 1- ASAE (1999).

Diâmetro médio volumétrico (VMD) (micrometros)	Classificação do tamanho de gotas
< 50	Aerossol
51 – 100	Névoa
101-200	Pulverização fina
201-400	Pulverização média
> 400	Pulverização grossa

Fonte: ASAE, 1999.

Quadro 1- Classificação da pulverização de acordo com o tamanho da gota

Inúmeras pesquisas têm demonstrado a importância de estudar as populações de gotas e sua interação com as variáveis operacionais (relacionadas com técnicas de aplicação e equipamentos utilizados) associadas às variáveis climáticas, que influenciam o momento das aplicações, com o firme propósito de maximizar a cobertura e a uniformidade da deposição da calda, na área alvo do tratamento, reduzindo a deriva e as perdas por volatilização, consequentemente, os riscos ambientais associados a esses processos físicos (SILVA, 2005).

A eficácia dos tratamentos realizados por pulverização de fitossanitários depende da cobertura alcançada, sendo expresso pelo número de impactos (gotas) alcançado por unidade da área ( $\text{Imp.cm}^{-2}$ ) do alvo pulverizado. Gotas de tamanho menor podem ser utilizadas para aumentar as taxas de cobertura, para a mesma quantidade de volume de calda aplicada, porém,

exige a redução do tamanho médio das gotas, o que provoca um aumento da porcentagem de pequenas gotas que são evaporadas ou transportadas por correntes de ar, sem atingir seu objetivo, incrementando as perdas de líquido e consequentemente a eficiência.

Acrescenta Silva (2005) que as gotículas pequenas, menores que 150 micrometros de diâmetro, são facilmente desviadas, propensas à deriva e que podem provocar a deposição de agrotóxicos em áreas distintas ao alvo, com graves consequências não intencionais, tais como: danos às culturas adjacentes sensíveis, poluição da água, riscos para a saúde de animais e humanos, possível contaminação do alvo e áreas adjacentes ou possível excesso de aplicação dentro da área alvo, aumento de custos de produção por subdosagem e redução de eficácia dos controles fitossanitários.

Do ponto de vista da eficiência, para que os diferentes tipos de produtos possam funcionar corretamente, é necessário executar uma cobertura mínima, avaliável em termos de impactos de gotas por centímetro quadrado, em tratamento de superfície, além de utilizar gotas de tamanho em escala adequada para as características de sua aplicação.

Etiennot (1990 apud LEIVA, 1996) ressalta que um único tamanho de gota é apenas um conceito idealizado, aliás, gotículas de diferentes tamanhos são produzidas sem solução de continuidade. Para esclarecer esse conceito, deveria se referir ao diâmetro volumétrico mediana (DVM), definido como o tamanho de gota que divide a pulverização em dois volumes iguais. Nesse sentido, Carrero (1996) concorda com Márquez (1995), mencionando que a forma do desempenho dos produtos fitossanitários é marcadamente diferente, dependendo do alvo biológico a atingir (herbicida, inseticida ou fungicida), além dos padrões de comportamento das pragas que eles controlam, a cobertura, o tamanho de gota para a proteção de diferentes produtos vegetais, em uma primeira aproximação, deve ser como mostrado no Quadro 2.

Produto	Tamanho de gota (VMD em $\mu\text{m}$ )	Cobertura ( $\text{Imp.cm}^{-2}$ )
Fungicida	150-250	50-70
Inseticida	200-350	20-30
Herbicida	200-600	20-40

Fonte: Adaptado de Márquez, 1995 e Carrero, 1996.

Quadro 2 - Cobertura e tamanho de gota

A tendência atual em aplicações de fitossanitários é reduzir os volumes de calda, diminuindo, assim, os custos de aplicação e o tempo necessário para a mesma, alcançando a realização eficiente da cobertura do alvo. Isso só é possível com a geração de um maior número de gotas (pequenas gotas) a partir de um mesmo volume. No entanto, tem-se que evitar a formação de gotas abaixo de 100 micrometros de diâmetro, as quais com facilidade são perdidas por evaporação na superfície das folhas (MÁRQUEZ, 1995).

Nas aplicações de líquidos (pulverização), o diâmetro das gotas determina o nível de cobertura e também estabelece o seu comportamento quanto à distância de deslocamento, deriva, penetração entre a folhagem, perda por evaporação e, conseqüentemente, a percentagem de calda, do volume total aplicado, que permanece sobre o alvo (OLIVEIRA et al. 2007). Complementa Fernandez Dos Santos (2013) ao indicar que o diâmetro da gota será sempre o aspecto que definirá ou determinará de que maneira ou como o alvo final será atingido, favorecendo ou não a deposição em quantidade suficiente para o controle e sucesso do produto aplicado.

Vários estudos concluem por uma rápida diminuição no potencial de deriva das gotas, bem como o aumento do diâmetro de gotas acima de 150-200 micrometros. A dimensão crítica necessária para limitar a deriva varia, dependendo da velocidade do vento entre 1 a 10 km.h<sup>-1</sup>. Bode (1988), Vieri (1992), Alday e Barrufet (1992), Gil (1993), Carrero (1996), Márquez (1995, 1998) e Asman, Jorgensen e Jensen (2003) enfatizam que esta limitação (diâmetro crítico) é apenas possível de evitar com a seleção do tamanho de gota adequado, visando um aumento na proporção de líquido pulverizado sobre o alvo.

É provável que a distribuição uniforme de um determinado diâmetro e número de gotas possibilite o sucesso da operação, mesmo que se utilize a aplicação à volume baixo. Nesse caso, cresce a importância de conhecer qual é a melhor combinação de densidade e diâmetro de gotas, volume e concentração de ingrediente ativo na calda para as principais pragas, cujo controle é realizado via pulverização (FERREIRA, 2003).

Por todo o exposto, a distribuição de tamanho de gotas produzidas por pontas de pulverização precisa ser conhecida para orientar a implementação dos ajustes na aplicação em relação à deposição de cobertura, deriva e, conseqüentemente, a eficiência e a eficácia dos controles.

Nesse sentido, a eficiência de aplicação é afetada em função das características e do tamanho do alvo a atingir. No controle de pulgões, Graham-Bryce (1981) calculou uma eficiência de 0,02%, enquanto que em controle de insetos em condições de lavoura, a

eficiência média da aplicação esteja por volta de 0,01% em relação ao tamanho do alvo.

Ramos (2005) concorda com essa premissa ao salientar que a aplicação eficiente de agrotóxicos começa com a identificação correta do alvo a ser atingido. O agrotóxico deve exercer a sua ação sobre um determinado organismo que se deseja controlar, portanto, o alvo a ser atingido é esse organismo (alvo biológico), seja ele uma planta daninha, um fungo ou uma bactéria. O mesmo autor considera que qualquer produto que não atinja diretamente o alvo não terá sua eficácia e será considerada uma forma de perda.

O movimento de produtos fitossanitários no ambiente é muito complexo, sendo que os processos de perda continuam a ocorrer em diferentes partes do ambiente. Akesson e Wesley (1988) indicaram que o clima local e microambiente desempenham papéis dominantes na efetiva utilização de fitossanitários para controlar as pragas das lavouras, lembrando que os parâmetros básicos envolvidos na dispersão e deposição de partículas são: temperatura e gradiente de temperatura ou mudança de temperatura na altitude, velocidade do vento e gradiente de velocidade do vento pela altitude, direção do vento, umidade relativa do ar e sua relação com a evaporação de gotas de pulverização.

Durante o processo de pulverização, são produzidas perdas importantes de fluido (CROSS, 1988; PLANAS e PONS, 1991, e ADE, 1992), que podem chegar, em culturas anuais, a até 30% do valor aplicado. Algumas dessas perdas podem ser minimizadas com a calibragem e o ajuste da pulverização. O restante depende da substância aplicada e das condições climáticas em que as aplicações são feitas, tornando-as difíceis de controlar (BARRUFET, 1993).

Em geral, Vieri (1992) indica que uma intervenção feita na hora (momento adequado) é mais eficaz, mesmo em volumes menores do que no volume normal de aplicação, além disso, nessas condições, são reduzidas a dispersão e a perda do produto.

Gil (1993) complementa a análise dos fatores que afetam particularmente o risco de deriva e evaporação, mencionando que esses podem ser classificados em três grupos, a saber: (a) As condições ambientais durante a aplicação, (b) Propriedades físicas e químicas do produto aplicado e (c) Fatores tecnológicos relacionados com as diferentes técnicas de pulverização. Em concordância com o que foi mencionado, Asman, Jorgensen e Jensen (2003), em um relatório, ressaltam que a técnica de aplicação (referidos o padrão de distribuição das gotas produzidas pelas pontas) tem a maior influência sobre a deriva das gotas. Já a altura da barra da aplicação, a velocidade do equipamento de pulverização e os fatores climáticos (temperatura, umidade relativa e velocidade do vento) amostraram também

influenciar as possibilidades de modificar o potencial de deriva das gotas obtidas, embora em menor grau do que o primeiro mencionado. Em resumo, as máquinas de aplicação são responsáveis por regular a forma e distribuição de fitossanitário e, portanto, sua eficácia ou perigo ao homem e ambiente.

Apesar dos avanços que continuamente ocorrem na área de manejo integrado de pragas, o uso de fitossanitários (conhecido como controle químico) é indicado por vários autores como essencial no momento presente, sublinhando que esse exige químicos apropriados. Mas também é necessário o uso de técnicas para maximizar a eficácia dos fitossanitários, minimizando qualquer risco de dano ao meio ambiente e custos de manutenção reduzidos de sua implementação, o que necessariamente afeta os custos de produção.

Embora seja verdade que as técnicas operacionais adotadas atualmente recomendam que a área-alvo seja coberta com uma camada (cobertura) protetora, aplicada de maneira uniforme e com uma espessura mínima não inferior à eficaz para o controle (chamado de volume mínimo), na prática, teve uma evolução irregular, como indica Silva (1997).

Porém, as doses utilizadas pelos produtores, para realizar o controle de pragas, são em alta percentagem, claramente superiores às recomendadas, o que trouxe como resultado direto uma quantidade excessiva de agentes químicos dispersos no ambiente, com o conseqüente impacto negativo sobre ele (SILVA, 2005).

Em última análise, é oportuno destacar a definição da tecnologia de aplicação apresentada por Matthews (1992), quem indica que a mesma não se resume ao ato de aplicar o produto, mas que envolve também a interação de fatores que buscam a máxima eficiência dos tratamentos, economicidade, eficiência operacional, adequação de máquinas, menor contaminação ambiental e segurança do operador, entre outros.

Finalmente, o aumento do conhecimento e os recursos disponíveis para o manejo integrado de pragas teriam um novo objetivo: otimizar os controles. Isto significa reduzir o uso de diferentes recursos em termos de trabalho humano, máquinas e da quantidade de produtos químicos aplicados, sempre utilizando a técnica e a tecnologia mais adequada às circunstâncias e peculiaridades de cada ambiente agroecológico, onde é estabelecida a produção (MÁRQUEZ, 1996).

Em síntese, a aplicação de fitossanitários em culturas requer, portanto, processar e analisar informações para selecionar a técnica de pulverização que melhor se adéqua ao desenvolvimento de culturas, os produtos químicos utilizados, o equipamento correto para as condições de crescimento em que essas atividades devem ser feitas, enquanto que



considerando os critérios associados à segurança e a menor exposição do operador ao executar as aplicações e ainda os efeitos prejudiciais que a atividade pode ter sobre a cultura, áreas circundantes e outros componentes do ecossistema.

O desenvolvimento de tecnologias que possibilitem a aplicação mais eficiente, além de maior eficácia nos controles constitui atualmente uma exigência primordial na aplicação de fitossanitários e impõe aos pesquisadores da área um desafio que deve ser atingido sem dilação.

## **2.2 Agricultura de Precisão (AP) e Manejo de Sitio Específico**

Em geral, a "agricultura de precisão" é um sistema de agricultura integrado com base no estudo espaço-temporal de informação (em tempo real e histórico) dos fatores envolvidos na produção, eficiência e impacto sobre o meio ambiente e, conseqüentemente, a sua sustentabilidade ao longo do tempo, considerando o tratamento diferencial da variabilidade observada e medida nos campos.

Na literatura científica, pode-se encontrar uma variedade de conceitos de Agricultura de Precisão (AP), quase tantos como autores revisados e em consonância com as bases teóricas e conceituais sobre essa metodologia "nova"; para monitorar e gerenciar a produção agrícola, encontram-se os diferentes conceitos.

A Agricultura de Precisão inclui a observação, o estabelecimento da variabilidade e uma derivação do conceito de AP: é a do Sistema de Produção de Precisão que significa a captura e controle da informação agrícola, para atender às necessidades de lotes individuais, em vez das necessidades médias de todos os lotes (DOERGE, 2000).

Complementa ACPA (2005), observando que AP e o tempo de resposta estratégica, assim como o nível de detalhe requerido em termos de componentes, são fatores chave do processo de produção agrícola que inclui a observação, o estabelecimento de impacto e análises para prover respostas rápidas.

Outro conceito relacionado é o Manejo de Sítio Específico (MSE), que significa gerenciar o espaço, com ou sem a ajuda da eletrônica pela manipulação correta, no lugar certo na hora certa, enquanto a agricultura de precisão é a Gestão automática do manejo sítio específico, usando computadores, sensores e outros equipamentos eletrônicos (LOWENBERG, 2000, 2009).

Atualmente, muitas ferramentas baseadas na AP tornaram-se dispositivos de todos os dias, incluindo sistemas globais de posicionamento (GPS) e sistemas de informações geográficas (GIS). Além disso, têm desenvolvido e consolidado bases de dados, sistemas especialistas e outras transformações, sendo que o material cartográfico está disponível em diferentes escalas. Sem dúvida, todos integrados com o trabalho e amostragem, a nível de campo, são a base para o desenvolvimento de mais e mais "precisão" da AP (OVALLES, 2006).

Em relação ao manejo de sítio específico, Hancock (2002) relatou que a chave para a tomada de decisões de gestão de sítio específico é o monitoramento que ocorre no local, ressaltando que para os pequenos produtores usar a tecnologia é tão simples que um lápis e papel são suficientes para armazenar informações específicas do local, permitindo-lhes realizar uma gestão diferencial, com base nas condições particulares de sua unidade de produção.

Assim, a AP resgata a condição local na gestão de sistemas de produção em função dos locais, evitando o uso de referenciais tecnológicos de maneira uniforme em grandes áreas, onde há diferenças marcantes nas condições ambientais. Por outro lado, a AP incentiva o uso eficiente de insumos para a melhoria econômica com o mínimo impacto sobre o meio ambiente. A AP incentiva o produtor a manter registros cada vez mais detalhados e confiáveis para a tomada de decisões relativas à gestão dos lotes de produção (OVALLES, 2006).

De Mello e Caimi (2008) indicaram que as soluções existentes para mecanização e automação de processos têm proporcionado condições favoráveis para melhorar a precisão e a produtividade dos sistemas em que são utilizadas. Também mencionaram que o setor agrícola tem sido agraciado com expressivos benefícios no uso da computação e das tecnologias de comunicação.

São exemplos de aplicações agrícolas que incorporam sistemas computacionais: sensores embarcados em equipamentos de manejo agrícola para coleta de dados, posicionamento global para mapeamento de áreas de plantio, controle automático de operação e sistemas de *software* para gestão de dados (de campo ou administrativos) (De MELLO e CAIMI, 2008).

No setor agrícola, o campo de atuação delimitado pela Agricultura de Precisão (AP) utiliza recursos tecnológicos para identificar e tratar dados individualmente, alcançando ganho de precisão e melhorando as condições, para aumento de produtividade (MCBRATNEY et al., 2005).

Avaliações de variabilidade sobre dados de uma área de produção, seguida do uso dos

resultados desses estudos para atuar de forma pró ativa no cultivo agrícola estão no contexto da AP, que transcende o uso de recursos de posicionamento global (COX, 2002). Como resultado, são maiores as perspectivas de redução de custos e melhor o aproveitamento de recursos e, conseqüentemente, o aumento da produtividade final. Assim, a AP oferece técnicas que melhoram a ‘precisão’ em observações agronômicas, tais como, testes de solo, produtividade em campo de colheita ou contagem de sementes na operação de semeadura (DE MELLO e CAIMI, 2008).

A maior dificuldade, entretanto, ainda reside em trabalhar com grande volume de informações sobre variabilidade espacial e temporal e interpretá-las para tomada de decisão em campo. O sistema água-solo-planta-atmosfera e os processos físico-químico-biológicos presentes são complexos e não são mensuráveis em larga escala (como, por exemplo, a bacia hidrográfica). O clima é um fator de grande peso, e as incertezas nas modelagens devem ser minimizadas para tomada de decisão (TORRE-NETO, 1997).

Serrano et al. (2006) destaca que, nos métodos baseados em sensores, as aplicações são efetuadas de acordo com informação fornecida por aqueles em tempo real. Estes sensores podem avaliar as condições do solo ou das culturas, fornecendo informação para que se realizem as aplicações em conformidade com as necessidades específicas determinadas. Os métodos baseados em sensores necessitam também de tecnologia específica, notadamente os próprios sensores, que têm de dar respostas em tempo real.

O mesmo pesquisador complementa quanto aos métodos baseados em mapas, que possuem, relativamente, algumas vantagens aos que estão baseados em sensores. Entre outras, destacam-se: permitem utilizar tecnologias de coleta e análise de dados mais complexas e podem ser utilizadas num local distinto ao da coleta dos dados; facilitam o controle das máquinas de aplicação, uma vez que o sistema possui informação para prever o que vai ocorrer imediatamente a seguir. Também permite calcular as quantidades a aplicar de um determinado fator *a priori*, o que pode ser importante no planejamento operacional da exploração.

No entanto, esses métodos necessitam de *hardware* (nomeadamente DGPS em tempo real) e *software* (nomeadamente SIG) que, normalmente, não são necessários nos sistemas exclusivamente baseados em sensores. Além disso, podem não ser aconselháveis quando as características do solo e das culturas tendem a alterar-se rapidamente (SERRANO et al., 2006). Em aplicações de fitossanitários líquidos (herbicidas, inseticidas, fungicidas), até o momento, as possibilidades de aplicações variáveis em tempo real foram limitadas, pois a mudança da dose em tempo real precisa modificar a pressão do trabalho no equipamento, de modo que o

tamanho das gotas é alterado de acordo com o fluxo de líquido pulverizado. Em geral, como a operação ocorre em tempo real, todas as pontas são as mesmas, portanto não podem ser substituídas. Isso também ocorre quando o operador muda a taxa de aplicação e o computador de bordo deve manter uma taxa constante por hectare, ou seja, manter-se inalterado e alcançar a dose tem sido a causa de mudança do tamanho das gotas pulverizadas (MARONI, 2011).

Porém, em relação às tecnologias utilizadas nas aplicações de fitossanitários, Marques et al. (2008) mencionaram que, para variar as taxas de calda, as condições utilizadas são semelhantes no caso das fertilizações. Em termos genéricos, estas podem ser baseadas em sistemas de controle de fluxo, de controle de pressão, da velocidade de avanço das máquinas ou ainda, da concentração da substância ativa na calda. A forma como são determinadas as aplicações podem ser bastante distintas.

Desde a definição de zonas de risco, onde se aplicam doses mais concentradas de um determinado fungicida (por exemplo, zonas de baixa, geralmente mais úmidas) até a criação de mapas, a partir de fotografias aéreas com diferentes intensidades de infestação a que deverão corresponder diferentes concentrações de um determinado herbicida, existem inúmeros exemplos possíveis (CASTRO et al., 2009).

O ciclo da agricultura de precisão é fechado com a implementação das operações de gestão (ESCOLÁ, 2010). No cenário gerado na decisão que estabelece a gestão das áreas, é aconselhável ter um equipamento com tecnologia que permita ajuste automático e contínuo de parâmetros de trabalho de acordo com a distribuição espacial dessas zonas de gestão identificadas.

Essa tecnologia é chamada de tecnologia de taxa variável (VRT) e pode ser classificada de acordo com seu objetivo: (a) A tecnologia de dosagem seletivamente variável: Volume constante, princípio básico convencional, área tratada e área não tratada e (b) A tecnologia de dosagem variável: Distribuição de produtos fitossanitários na proporção dos parâmetros relacionados à cultura, às pragas, ao solo, clima, ou o efeito combinado de dois ou mais parâmetros avaliados e o diferencial do trabalho espaço- temporal das condições de aplicação.

O uso de sensores torna possível estabelecer critérios diferentes para a aplicação de agrotóxicos na VRT que diferenciam as variáveis comumente usadas nas aplicações para a fertilização de precisão e realizar a semeadura com densidade variável com o uso dos mapas de prescrição mais utilizados para estas operações. Sensores de plantas daninhas em tempo real (*WeedSeeker*, *Lydiar*, INTA-IIR, pulverizadores inteligente etc.) permitem o mapeamento de limitações para a realização das aplicações (ESCOLÁ, 2010).

Uma questão importante a abordar é o grau de utilidade das aplicações em manejo de sítio específico (MSE), em que, para os controles efetuados para o uso de inseticidas, fungicidas e herbicidas, é possível fazer aplicações variáveis com o mesmo equipamento de pulverização convencional, tendo em vista que os dispositivos tecnológicos têm se adaptado para aplicação em tempo real de fitossanitários. Porém, para os resultados em eficiência e eficácia dos controles, há alto risco de contaminação ambiental.

Para conseguir executar uma efetiva aplicação em taxa variável, deve-se ter um equipamento capaz de variar a dose, além de capacidade de manter o espectro de gotas pulverizado praticamente inalterado, adicionalmente suplementado com um Sistema de Informação Geográfica (GIS) com receptor GPS e um monitor compatível com todo o conjunto que permita doses uniformes.

Frente às variações detectadas na velocidade, o equipamento de aplicação de fitossanitários deve ser capaz de aumentar ou diminuir a pressão para ajustar a taxa de fluxo ou a dose necessária.

No caso de taxa variável, as mudanças, nas doses necessárias, requer o aumento ou diminuição da pressão de trabalho para ajustar a taxa de fluxo com a dose alvo, além de ajustar as variações da velocidade de deslocamento do equipamento (GIL et al, 2010; MARONI, 2011).

Para superar essa limitação da tecnologia de aplicação, nos últimos anos, tem sido desenvolvidas várias técnicas alternativas, como: ATC *Autotic*, *Vario Select*-Lechler, 4063 Sistema ARAG, *JET AIR System*, Sistema de modulação por largura de pulso (*PWM*), *Much Rate*, *Capstar* controle único ponta-individual e vários sistemas de injeção direta de tanque de produtos químicos separada da mistura *Raven* e *MidTech*.

Alguns já estão comercialmente disponíveis, mas requerem avaliação e estudo para conseguir realizar seu potencial uso da VRT em aplicações de fitossanitários nas culturas, além da suplementação com módulos de comando e ter sistemas para tomada de decisão em tempo real, uma situação que precisa ser tratada, assim, o desenvolvimento de programas especialistas que possibilitem a utilização dessas técnicas de manejo.

### **2.3 Sistemas Especialistas de Suporte à Decisão para gestão e controle de pragas, modelos táticos aplicados e simulação**

A coleta e o processamento das informações, a avaliação dos riscos e benefícios e a tomada de decisões, como assinalam Morgan et al. (1992), fazem parte de como um problema individual é definido, é a forma como os especialistas e técnicos reagem aos problemas, constituindo-se nos critérios para o desenvolvimento de metodologias para resolvê-lo.

O número de questões que gerou o uso intensivo e indiscriminado de máquinas agrícolas na produção de culturas no mundo está associado, em geral, a deficientes ou limitadas pesquisas relacionadas à sua adequação e adaptabilidade à ampla variedade de condições agroecológicas nos sistemas de produção agrícola no mundo (SILVA, 2005).

As informações disponíveis sobre estudos e pesquisas, bem como obtidas através de comunicação formal com os agricultores e extensionistas, estudos e avaliações do trabalho agrícola, estudos de práticas de mecanização e sistemas de gestão alternativos, na produção agrícola local ou regional, permitem a aplicação de análise multivariada para o desenvolvimento de um sistema de computador especializado.

O sistema deve incorporar a pesquisa básica voltada para a tecnologia de aplicação de fitossanitários e de investigação aplicada na resolução de problemas relacionados ao uso de controle dessas pragas que afetam a produção.

Com a adoção de uma visão global da aplicação dessas tecnologias, nos sistemas de produção agrícola, permite-se a definição de uma linha de pesquisa e desenvolvimento de grande importância que deve ser abordada com urgência para lidar com um melhor conhecimento para o manejo do agronegócio, em um mundo marcado pela competição global, sustentabilidade e globalização dos sistemas de produção (SILVA, 2005).

Lewis et al. (1997) indicaram que o desenvolvimento de um sistema de apoio visa incentivar os agricultores a adotarem uma abordagem mais ecológica em suas atividades diárias. Parte do sistema se centraliza a promoção de proteção de culturas, melhores práticas e princípios de manejo integrado de pragas.

A estrutura conceitual do sistema é projetada de modo que, através da análise de decisões passadas que podem ajudar a identificar os pontos fortes e fracos das práticas atuais e de apoio à decisão e planejamento para o futuro, proporcione ao usuário informações suficientes e aconselhamentos, para que possam tomar decisões informadas sobre a escolha de fitossanitários, aplicação e gestão em controle de pragas em geral.

Complementam Fabre et al. (2007), mencionando que os modelos táticos são considerados como um dos pilares principais da implementação do manejo integrado de pragas (MIP), conseqüentemente, muitos projetos de pesquisa visam desenvolver tais sistemas. No

entanto, até agora houve baixa captação de modelos táticos pelos agricultores.

Dessa forma, pode-se supor que a probabilidade de adoção de modelos táticos está altamente correlacionada com a vantagem econômica que a ordem social dessa estratégia pode oferecer, em comparação com as estratégias convencionais para proteção das culturas.

Esses autores concluem especificando que a rentabilidade de qualquer estratégia para a proteção das culturas, dependerá (i) da prevalência da praga ou doença de interesse, (ii) do potencial de perdas de rendimento associado a esta praga ou doença, (iii) do custo e da eficiência de medidas de proteção e (iv) de modelos táticos em sua precisão (ou seja, fazer a previsão segura). O foco, em particular, deve estimar quanta vantagem financeira, dado o nível de precisão que você pode conseguir com o tipo de dados disponíveis, combinados com regras de decisão mais fácil de utilizar (FABRE et al., 2007).

Colbach (2010) ressaltou que, no caso europeu, em relação a esse aspecto, que os fitossanitários não só podem ser substituídos por técnicas alternativas, como a enxada mecânica, embora com menores eficiências do que os mencionados. Destaca o pesquisador que, mesmo quando limitados a um único campo, é difícil de gerir as pragas devido à sua enorme variabilidade e potencial evolutivo.

Avaliar a praga é contrastar os alvos (plantas, patógenos, insetos, etc.) e contrastar-se a dispersão de espécies perenes, anuais e as populações. Além disso, o impacto dessas pragas e as técnicas de agricultura interagem com a história passada do campo, bem como com as condições ambientais, por isso, é muito variável.

Consequentemente, há ferramentas para sintetizar o conhecimento sobre as pragas e, acima de tudo, para quantificar os efeitos de sistemas de cultivo nestes parasitas (COLBACH et al., 2010), indicando que, desde 1980, os modelos têm sido cada vez mais utilizados para avaliar sistemas de culturas.

Complementam Colbach et al. (2010) que os modelos se mostram relativamente simplificados e são a representação abstrata de um processo ou sistema utilizado para descrever, explicar ou prever isto. Sua complexidade pode variar muito a partir de modelos que consistem em uma única equação ou função, a modelos altamente complexos de agregação de um grande número de equações, tabelas de contingência, entre outros.

Nesse contexto, nos Quadros 3a. e 3b., apresenta-se uma sinopse bibliográfica dos mais importantes Sistemas de Suporte de Decisões (SSD) desenvolvidos para a gestão das pragas das culturas, com enfoque na Tecnologia de Aplicação de fitossanitários, publicados em revistas periódicas no período 1996-2011.

A abrangência dos métodos de modelagem dependem do modelo da função objetivo e

do objeto em si, ao analisar as vantagens e desvantagens desses métodos, a fim de propor uma solução para um ambiente que representa corretamente as interações dentro de qualquer sistema estudado, o modelo deve ser capaz de executar muitas simulações com facilidade, precisão e velocidade.

Sistemas de apoio à decisão são utilizados para analisar em conjunto todas as informações disponíveis e decidir qual operação é necessária a se executar; essa operação pode ser homogênea em todo o local, ou pode ser necessária a criação de zonas distintas de operação. A saída de um sistema para apoiar a decisão poderia ser um mapa digital para executar uma atividade que reflete o zoneamento da parcela e as ações necessárias em cada área.

O uso de computadores e sensores para tomada de decisões (tempo real) em sistemas de produção está aumentando rapidamente. No entanto, o valor da tecnologia pode ser acrescentado quando é integrado com os conhecimentos e as experiências práticas dos produtores, resultando num processo contínuo de interpretação e avaliação da operação desejada. Histórias de sucesso compartilhadas podem ajudar a promover essa nova forma de gestão na agricultura (KITCHEN, 2008).

Os sistemas de apoio à decisão na agricultura começaram a aparecer no final de 1980 e início de 1990, quando o computador tipo *desktop* tornou-se mais prontamente disponível e acessível. Os programas culminaram em "sistemas especialistas" que tentaram processar e analisar opiniões de especialistas em uma série de "regras" ou uma árvore de decisão que permitia aos usuários fornecer seus dados (por exemplo, de dados meteorológicos, as contagens de pragas, pulverização aplicada e horários) e determinar o melhor programa de gestão (VINCENT et al. 2010).

Diversos sistemas e técnicas foram desenvolvidos para facilitar o processamento e agregação de informação multidimensional de decisão. Essas técnicas foram aplicadas como ferramentas de apoio à decisão, sendo desenvolvidas para diversos fins em muitas áreas técnicas de conhecimento.

As principais vantagens do uso de tais sistemas surgem da robustez, consistência, transparência e reprodutibilidade do processo de tomada de decisão (SULLIVAN et al., 2001; EURODEMO, 2005, apud SORVARI e SEPPÄLÄ, 2010).

Bange et al. (2004) mencionaram que, para o desenvolvimento bem sucedido e adoção, um sistema de decisão computadorizado requer planejamento cuidadoso e clara compreensão de potenciais usuários e do ambiente no qual a ferramenta será empregado. Esses fatores



ajudam a determinar o desenvolvimento de *softwares* e a plataforma de *hardware* em que será disponibilizado.

Pode haver um período de tempo significativo entre a coleta de dados e o momento em que o usuário decidir executar a gerência. Atualmente, é comum que os sistemas de decisão integrada façam uma análise dos parâmetros mapeados com modelos de simulação e sistemas especialistas já existentes, desenvolvidas para a agricultura convencional (ESCOLÁ, 2010).

Por fim, nota-se que a substituição das decisões, tanto de gestores como de operadores, por sistemas inteligentes, é uma tendência e uma necessidade. O desenvolvimento de equipamentos que utilizem os princípios já conhecidos e aplicados em outras áreas, personalizados para uma agricultura moderna é também uma necessidade, e a Agricultura de precisão está pressionando para que essas soluções surjam o mais rápido possível (MAPA, 2011).

Contudo, um dos desafios mais importantes na aplicação dessa ferramenta tecnológica está na geração da recomendação de como elaborar um mapa de aplicação rápido e confiável. Trata-se de um campo mais agrônomo, mas que necessita de muita pesquisa.

Além disso, necessita adequar os sistemas de controle de injeção (pulverização) disponíveis para esta opção que garantam a vazão e pressão constantes com dose variável de princípio ativo, mas com sérios desafios de tempo de resposta. Este é o desafio, entretanto, tudo isso já está determinado e dominado, precisando apenas desenvolver sistemas inteligentes para a automatização de uma parte das decisões efetuadas hoje pelos técnicos e produtores para a gestão das pragas nas culturas, e, dessa forma, possibilitar a adoção, instrumentação e utilização da tecnologia no futuro (MAPA, 2011).

Autor	Ano	País	Cultivo	Objetivo	Título
Hernan, R. and Langenakens, J.	1996	Bélgica	Geral	Pulverização - pontas	Model-based improvement of spray distribution by optimal positioning of spray
Berti, A. and Zanin, G.	1997	Itália	Soja	Plantas Daninhas	GESTINF: a decision model for post-emergence weed management in soybean ( <i>Glycine max</i> (L.))
Lewis, K. A. ; Newbold, M. J. ; Hall, A. M. and Broom, C. E.	1997	Reino Unido	Geral	Otimizar utilização defensivo	Eco-rating System for Optimizing Pesticide Use at Farm Level Part 1: Theory and Development
Lewis, K. A. ; Newbold, M. J. and Broom, C. E.	1997	Reino Unido	Geral	Otimizar utilização defensivo	Eco-rating System for Optimizing Pesticide Use at Farm Level: Part 2: Evaluation, Examples and
Stewart, T.M. ; Knight t, J.D. ; Manktelow, D.W.L. and Mumford t, J.D.	1998	Nova Zelândia	Maçã	Fungo	SPRAYCHECK - a model for evaluating grower timing of black spot ( <i>Venturia inaequalis</i> ) fungicides in apple orchards
Feick, R.D. and Brent Hall, G.	2002	Canadá	Geral	Espaço SIE- GPS	Balancing consensus and conflict with a GIS-based multi-participant, multi-criteria decision support tool
Tanga, S.; Xiaob, Y. ; Chenc, L. and Cheked, R. A.	2004	Reino Unido	Alfafa	Integrate Pest Management (IPM)	Integrated pest management models and their dynamical behaviour
Bangea, M.P. ; Deutscher, S.A. and Larsen D. Linsley, D. and Whiteside, S.	2004	Austrália	Algodão	Pragas IPM	A handheld decision support system to facilitate improved insect pest management in Australian cotton systems
Larsson, H.	2004	Suécia	Aveia e Trigo	Colheita	A crop loss model and economic thresholds for the grain aphid, <i>Sitobion avenae</i> (F.), in winter wheat in southern Sweden
Mace, K.; Morlon, P. ; Munier-Jolain, N. and Que ´re ´, L.	2006	França	Culturas Anuais	Plantas Daninhas-IPM	Time scales as a factor in decision-making by French farmers on weed management in annual
Bisignanesiaand, V. and Borgasb, M.S.	2006	Austrália	Geral	IPM-Ambiente	Models for integrated pest management with chemicals in atmospheric surface layers
Fabre, F. ; Plantegenest, M. and Yuen, J.	2007	França	Geral	Pragas - Custos	Financial Benefit of Using Crop Protection Decision Rules Over Systematic Spraying Strategies
Dammer, K.-H.; Thole, H.; Volk, T. and Hau, B.	2008	Alemanha	Trigo	Fungos	Variable-rate fungicide spraying in real time by combining a plant cover sensor and a decision support system

Quadro 3a - Sinótese bibliográfica dos Sistemas de Suporte de Decisões (SSD) desenvolvidos para a gestão das pragas das culturas com enfoque na Tecnologia de aplicação de fitossanitários, publicados em revistas periódicas no período 1996-2011.

Autor	Ano	País	Cultivo	Objetivo	Título
Weis, M. ; Gutjahr, C. ; Rueda Ayala, V. ; Gerhards, R. ; Ritter, C. and Schölderle, F.	2008	Alemanha	Cereais, beterraba e milho	Plantas Daninhas	Precision farming for weed management: techniques
Harper, S. A.	2008	Nova Zelândia	Frutíferas	Pulverização	Mathematical models for dispersal of aerosol droplets in an agricultural setting
Mackrell, D. ; Kerr, D. and Von Helens, L.	2009	Austrália	Algodão	Pragas - Adopção DSS	A qualitative case study of the adoption and use of an agricultural decision support system in the
Havlin, J. L. and Heiniger, R. W.	2009	EUA	Milho, Soja, Trigo, Algodão	Adubação	A variable-rate decision support tool
Sorvari, J. and Seppälä, J.	2009	Finlândia	Geral	Risco ambiental	A decision support tool to prioritize risk management options for contaminated sites
Wilson, R.S. ; Hooker, N. ; Tucker, M. ; LeJeune, J. and Doohan, D.	2009	EUA	Geral	Plantas Daninhas-IPM	Targeting the farmer decision making process: A pathway to increased adoption of integrated
Chikowo, R. ; Faloya, V. ; Petit, S. and Munier-Jolain, N.M.	2009	França	Trigo, Cevada, Soja, Girassol	Plantas Daninhas	Integrated Weed Management systems allow reduced reliance on herbicides and long-term weed control
Arregui Sanchez, M. C. . and Grenón, D. D.	2009	Argentina	Maiz, trigo, girassol e soja	Risco ambiental	Tablero de comando sobre riesgo de contaminación ambiental por plaguicidas
Jones, V. P. ; Brunner, J. F. ; Grove, G. G. ; Petit, B. ; Tangrena, G. V. And Jonesa, W. E.	2010	EUA	Frutíferas	Integrate Pest Management (IPM)	A web-based decision support system to enhance IPM programs in Washington tree fruit
Colbach, N.	2010	França	Geral	Pragas-Sistemas de manejo	Modelling cropping system effects on crop pest dynamics: How to compromise between process analysis and decision aid
Pardo, G. ; Riravolonab, M. and Munier-Jolainb, N.M.	2010	Espanha - França	Geral	Plantas Daninhas IPM	Using a farming system model to evaluate cropping system prototypes: Are labour constraints
Rodriguez, D. and Sadras, V. O.	2011	Austrália	Geral	Fertilidade	Opportunities from integrative approaches in farming systems design
Sørensen, C.G.; Pesonen, L. ; Bochtisc, D.D. ; Vougioukasc, S.G. and Suomib, P.	2011	Grécia	Geral	DSS Funções e requisitos	Functional requirements for a future farm management information system
Masin, R. ; Vasileiadis, V. P. ; Lodd, D. ; Otto, S. and Zanin, G.	2011	Itália	Milho	Plantas Daninhas	A Single-Time Survey Method to Predict the Daily Weed Density for Weed Control Decision- Making

Quadro 3b - Sinópsese bibliográfica dos Sistemas de Suporte de Decisões (DSS) desenvolvidos para a gestão das pragas das culturas com enfoque na Tecnologia de aplicação de fitossanitários, publicados em revistas periódicas no período 1996-2011.



## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1. Localização**

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Agrotecnologia-Agrotec, parte integrante do Núcleo de Ensaio de Máquinas Agrícolas - NEMA (coordenadas geográficas 29<sup>o</sup> e 43' Latitude Sul e 53<sup>o</sup> e 43' de longitude oeste) do Centro de Ciências Rurais (CCR), da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, localizado no Campus da Universidade, em Camobi, Santa Maria, RS.

Os Testes de validação do sistema foram realizados em simulação computacional para provar o SISD-TAP, a partir de informações de aplicações feitas em condições de campo, reportadas em artigos técnicos e científicos publicados recentemente. Foram comparadas as saídas dos distintos cenários previstos pelo modelo e os resultados alcançados para as entradas relacionadas com aplicações em condições simuladas.

Duas etapas foram definidas para a execução desta tese de doutorado. A primeira delas se realizou com os estudos prévios de diagnóstico e definição de variáveis, fatores e critérios para o sistema de tomada de decisões.

Na segunda fase, foram conduzidas as atividades e os procedimentos para a concepção do Sistema de tomada de decisão em tecnologia de aplicação, assim como o desenvolvimento da primeira versão do programa e a avaliação do mesmo em ambiente simulado. A seguir, estão detalhadas estas etapas:

### **3.2. Primeira Etapa**

3.2.1. Definição de prioridades na gestão aplicação de produtos fitossanitários, Estudo de Caso da Região Central do Rio Grande do Sul, Brasil

A metodologia utilizada para a elaboração da pesquisa foi a de métodos qualitativos indutivos (RENEKER, 1993; DIAS, 2000). Esses referem-se ao pesquisador que desenvolve conceitos, ideias e entendimentos a partir de padrões encontrados nos dados, sendo a característica principal da pesquisa qualitativa indutiva, ao invés de coletar dados para comprovar teorias, hipóteses e modelos.

O método qualitativo é descritivo porque as informações obtidas não podem ser quantificáveis. Os dados são analisados indutivamente e têm como base a interpretação dos fenômenos e uma atribuição de significados. Nesse sentido, objetiva-se a procura de informações e de dados por meio de pesquisa bibliográfica, coleta de dados secundários em registros históricos públicos, *sites* da internet, publicações técnicas e científicas, teses, livros, entre outros (RODRIGUES, 2007).

Visando a definição das prioridades e critérios relacionados com a gestão agrícola das aplicações de fitossanitários, nos últimos anos, realizou-se um análise das informações coletadas a partir do trabalho da dissertação de Casali (2012), em que uma enquete foi proposta a amostragem de 50 produtores rurais da Região Central do Rio Grande do Sul.

Essa pesquisa também fornece informações sobre as unidades de produção na área em estudo em seus aspectos gerais, mas essencialmente possibilitou obter conhecimentos importantes sobre os fatores técnicos, econômicos e sociais que influenciam a adoção e utilização de diferentes técnicas de aplicação de fitossanitários. Assim foram estudadas nove questões de múltipla escolha propostas aos agricultores.

Os temas abordados nas questões da enquete neste trabalho são os seguintes: a) frequência de revisão do pulverizador; b) frequência de regulagem do pulverizador; c) utilização do manômetro para regulagem do pulverizador; d) procedimento de regulagem do pulverizador; e) verificação da eficácia da aplicação; f) critério para escolha da ponta de pulverização; g) recomendação de defensivos/doses; h) critério de seleção do volume de calda e i) danos ao meio ambiente.

Sendo aproveitadas as informações dos fatores assinalados pelos entrevistados, posteriormente essas foram agrupadas e analisadas de acordo com seus critérios correspondentes, sendo eles: inspeção do pulverizador, regulagem do pulverizador, impactos da operação ao meio ambiente, planejamento da operação e, por último, avaliação da aplicação.

Para a definição do nível de prioridade, a cada escolha de resposta dos agricultores foi

atribuído um valor, sendo para a resposta ideal o valor 5, para uma resposta medianamente aceitável 3 e para uma resposta não adequada o valor 1. Em seguida, foi efetuado o somatório do valor das respostas para cada valor designado ao atributo e, de acordo com a divisão de fatores, foi calculado um valor relativo dentro do contexto da população das respostas totais analisadas, o que resultou num total para cada um dos dez fatores.

Para efetuar a análise numérica funcional e comparar os distintos fatores, em pares, e para determinar o grau de importância que um apresenta em relação ao outro, foi aplicada uma adaptação da metodologia de matriz de Mudge (CSILLAG, 1995; REIS, 2000; BONIN, 2005 e MACHADO et al., 2008).

Após isso, de acordo com a somatória obtida a partir do diagrama, os fatores foram ordenados por grau de importância, definindo as prioridades na gestão da tecnologia de aplicação de agrotóxicos nas propriedades agrícolas da área de estudo.

Esses valores podem caracterizar a influência que cada um desses fatores representa para os produtores rurais, em relação a tecnologia de aplicação de agrotóxicos, permitindo uma análise comparativa dos requisitos para os modelos, reduzindo a subjetividade das respostas e delineando os parâmetros de diferenciação para a concepção do modelo de decisão.

### 3.2.2 Definição dos fatores de influência em Tecnologia de Aplicação de fitossanitários. Criação do Modelo Conceitual de Decisão

O processamento e a sistematização das informações coletadas e obtidas na definição das prioridades de informação, na gestão de pragas nas lavouras, foi seguido de uma análise para identificar as variáveis que influenciam a tecnologia de aplicação, a partir do agrupamento, com base a grandes conjuntos de fatores associados aos seguintes: a) cultivo; b) pragas; c) clima; d) ambiente; e) sociais; f) tecnologia e g) sustentabilidade.

Finalmente, procedeu-se um estudo para inter-relacionar as variáveis e determinar seu grau de influência (peso percentual de importância relativa) na otimização do manejo de pragas nas lavouras. Para organizar as informações obtidas e facilitar a análise e interpretação dos resultados, foram elaboradas tabelas e esquemas de prioridade, gráficos comparativos e de

tendências, entre outros.

O modelo conceitual da decisão foi desenvolvido a partir de todas as respostas conseguidas com a aplicação de um questionário dirigido a profissionais, técnicos especialistas nas áreas de ensino, pesquisa e extensão em tecnologia de aplicação de fitossanitários.

O questionário denominado “Fatores de Influência SISD-TAP” (Apêndice A) tem a finalidade de reunir informações para subsidiar o desenvolvimento do modelo conceitual para a elaboração dos algoritmos do Sistema de Apoio à Decisão em Tecnologia de Aplicação de Precisão (SISD-TAP), assim como estabelecer uma priorização dos critérios para a seleção dos modelos matemáticos que descrevem e preveem os processos envolvidos na tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas.

Esta metodologia, descrita por WILSON et al. (2009), foi adaptada para sua implementação em um ambiente *on-line* e pode ser acessada pelos interessados no link: <https://sites.google.com/site/sisdtaaprojeto/>, permitindo a cada participante individual expressar seus conhecimentos e percepções sobre a tecnologia de aplicação de fitossanitários, enquanto possibilitava que os conceitos específicos fossem únicos para cada um dos indivíduos e suas respostas não influenciadas por um entrevistador, como o mencionado por Morgan et al. (1992).

Foram enviados convites eletronicamente (via e-mail) a grupos de especialistas e profissionais que têm reconhecida experiência na área de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários, localizados na América do Sul e Espanha, selecionados aleatoriamente para preencher o questionário, sendo instruídos sobre o escopo do projeto e os objetivos específicos do mesmo.

O questionário foi dividido em três parágrafos ou seções: a primeira correspondeu à informação relacionada com a identificação do participante, que incluía os dados pessoais básicos e informações sobre a sua experiência na área de trabalho; a segunda seção referiu-se aos fatores que influenciam na tecnologia de aplicação, consistindo em cinco questões de múltipla escolha, cada uma identificando um fator ou critério (pragas, alvos biológicos e químicos, condições agroclimáticas, tecnologia de aplicação e sustentabilidade) com uma lista das variáveis associadas com cada um deles.

Posteriormente, apresentou-se duas perguntas fechadas e de múltipla escolha para conhecer a melhor época de aplicação e a melhor forma de avaliá-la e uma pergunta de resposta livre para conhecer a opinião dos entrevistados em relação à qual seria o tratamento mais



adequado para o controle de pragas.

Complementou-se essa seção com uma questão de escolha simples, para especificar o grau de importância de cada fator de grupo, permitindo a comparação entre eles e outros relacionados com tratamento mais adequado de resposta livre.

Finalmente, a terceira e última seção (C) correspondeu aos critérios relacionados com os sistemas de informação do computador, com apenas duas perguntas, a primeira de escolha múltipla, para identificar quais deveriam ser as saídas do sistema de suporte de decisão, e a segunda de livre resposta, a fim de conhecer opiniões sobre o sucesso de sistemas informáticos para a gestão de pragas.

Para ajudar a identificar os critérios ou fatores, sua relevância ou importância entre um grupo ou de outro, foram criadas tabelas com as respostas totais listadas para cada um e sua percentagem relativa em relação ao número total de respostas para todos os fatores por especialistas assinalados, semelhantes aos mencionados por WILSON et al. (2009).

Por fim, foi possível desenvolver uma representação gráfica do modelo conceitual de tecnologia de aplicação para a gestão de pragas, onde podem ser vistos os diferentes níveis de importância de cada critério e conceito, organizados em grandes grupos e subgrupos de conhecimento.

O nível de importância foi estabelecido para cada Critério e Subcritério/Fator, ao calcular um índice a partir da codificação das respostas, atribuindo o valor 5 para aqueles conceitos mencionados como muito importantes, o valor 3 para os conceitos mencionados com menor influência e 0 aos conceitos com pouco ou nenhuma relevância sob a tecnologia de aplicação de fitossanitários, determinando o valor final do índice ao relacionar o total de respostas obtidas com o somatório parcial da codificação calculada.

O somatório final de cada conceito ou fator possibilitou uma hierarquização, estabelecendo como de Primeiro Nível de influência (importância) aqueles critérios (conceitos) e Subcritérios/fator que alcançaram um índice entre a faixa de 0,75-1,00 representado pela cor vermelha, o Segundo Nível aos critérios com índice entre 0,50- 0,75 com a cor laranja, o terceiro Nível de importância para critérios com índice colocado na faixa de 0,25-0,50, com a cor verde, e finalmente o Quarto Nível de importância para os critérios com índices inferiores a 0,25 e representados pela cor azul. Essa foi a base para o desenvolvimento do algoritmo básico, para a seleção de modelos especialistas táticos para a decisão no desenvolvimento de SISD-TAP.

3.2.3. Determinação dos fatores de influência para a definição do melhor momento de aplicação, da Eficiência/eficácia dos controles e da utilização de sistemas informáticos no manejo de pragas nas culturas

Nas distintas fontes bibliográficas disponíveis, existe uma profusão de autores que assinalam igual diversidade de importantes fatores a considerar, entre eles: (a) a escolha do produto e dosagem (MATUO, 1985; PLANAS e PONS, 1991), (b) as condições do alvo atingido (VIÉRI, 1992; BARRUFET, 1993), (c) a formação das gotas (tamanho e cobertura) e uniformidade (GIL, 1993; CARRERO, 1996), (d) as condições agroclimáticas, (e) a escolha da técnica de pulverização e os equipamentos mais adequados (MARQUEZ, 1995 e 1998), (f) a avaliação dos custos, rentabilidade dos manejos e a produtividade das culturas (MARQUES et. al. 2008) e (g) os riscos ao ambiente e as pessoas expostas aos químicos (LEIVA, 1996).

Assim, é importante estabelecer qual é o impacto de cada fator, na qualidade da execução da aplicação, para conseguir determinar as causas e os efeitos associados à ação simultânea desses conjuntos complexos de processos envolvidos na técnica de aplicação de fitossanitários.

Visou-se determinar os fatores de influência na tecnologia de aplicação, nos aspectos relacionados ao momento de aplicação, avaliação de sua eficiência e a definição dos componentes informáticos computacionais, que poderiam ser desenvolvidos para a Gestão das pragas nas propriedades agrícolas. Foram aproveitadas as respostas obtidas a partir da aplicação do Questionário denominado “Fatores de Influência SISD-TAP”, anteriormente descrito, procedendo com a sistematização e a organização das opiniões e percepções entre os distintos especialistas consultados de acordo com o grau de importância ou nível de influência.

Além disso, os entrevistados foram agrupados em dois conjuntos homogêneos, a saber: (A) Especialistas pesquisadores em tecnologia de aplicação e (B) Usuários da tecnologia, como produtores, técnicos, docentes, estudantes ou pessoal profissional com atuação na produção agrícola, com o objetivo específico de comparar respostas entre estes sobre os seguintes aspectos: Qual é o tratamento ou controle de pragas mais adequado e as potencialidades de utilização de Sistemas de Informação e computação para o planejamento das aplicações de produtos fitossanitários. Para a análise, baseada nos percentagens relativos aos conceitos indicados por ambos grupos, foram desenvolvidos gráficos de barra.

### 3.3. Segunda Etapa

#### 3.3.1. Projeto e seleção de Cenários (modelos táticos) para o SISD-TAP

A partir do ponto de vista metodológico, a pesquisa bibliográfica tem por finalidade conhecer as formas de contribuição científica que foram realizadas sobre determinado assunto ou fenômeno (JUNG, 2003). Ribeiro e Sousa (2006) complementam essa ideia ao assinalar que a pesquisa bibliográfica consiste no exame da literatura científica, para levantamento e análise do que já se produziu sobre determinado tema, sendo que esta recupera o conhecimento científico acumulado sobre um problema (RODRIGUES, 2007).

Neste estudo, pretendeu-se aproveitar a ampla informação contida em inúmeros trabalhos (citados posteriormente) sobre as aplicações de produtos fitossanitários para o controle de pragas nas culturas, nos quais foram testadas e avaliadas muitas técnicas alternativas para otimizar os controles sob várias condições e culturas.

Os resultados obtidos na revisão bibliográfica realizada foram cuidadosamente sistematizados, para possibilitar uma análise multifatorial, com o objetivo de selecionar aqueles modelos e experiências que podem ser incorporadas ao sistema de tomada de decisões, para desenvolvimento das alternativas e dos cenários simulados a partir da aplicação da análise multicritério de decisões utilizadas.

Colbach (2010) menciona que os modelos que melhor atendem às necessidades dos cientistas que pesquisam sobre tecnologia de aplicação são provavelmente os modelos dinâmicos, que sintetizam e quantificam os efeitos dos componentes do sistema agrícola e os estágios de vida das pragas e o alvo biológico a atingir. Sendo assim, podem ser usados para testar cenários.

Embora esse tipo de modelo tenha sido desenvolvido há algum tempo, especialmente para as plantas daninhas, ainda são raramente utilizados para fazer previsões reais ou tomar decisões. Assinala a autora que, na verdade, alguns modelos mais antigos que integram técnicas de cultivo, normalmente procuram determinar o nível de controle necessário para manter estável a população de pragas, mas não tentam avaliar os sistemas agrícolas mais complexos.

A pesquisadora ressalta que o desenvolvimento de estratégias abrangentes requer modelos estruturais para as previsões dos efeitos das variações nas técnicas de manejo, em nosso estudo,

as técnicas de aplicação de fitossanitários da cultura, para estimar a probabilidade de sucesso ou fracasso de uma estratégia de gestão particular.

Existem diferentes abordagens para tratar essas questões, sendo que há uma vantagem para quantificar a variabilidade com modelos deterministas nas interações entre técnicas de manejo e condições ambientais (COLBACH, 2010). Assim, o método determinístico foi selecionado como um dos critérios metodológicos para o desenvolvimento deste trabalho.

### 3.3.2. Desenvolvimento de SISD-TAP

Através de um estudo sistemático, foi possível identificar os requisitos e as necessidades do sistema de tomada de decisão, estabelecendo os limites e as restrições para desenhar e selecionar modelos especialistas táticos que visem desenvolver as estratégias técnicas e os cenários prospectivos, os quais irão responder às questões identificadas no campo.

Na vida real, as decisões são normalmente tomadas comparando as diferentes opções em relação a vários critérios, muitas vezes em conflito. Nestes casos, geralmente não há escolha melhor em geral, tais como, a mudança de uma opção para outra, você consegue não só observar uma melhoria em alguns critérios, mas também a deterioração em outros critérios.

Para desenvolver o Sistema de Apoio à Decisão em Tecnologia de Aplicação de Precisão (SISD-TAP), foram aplicadas combinações de duas metodologias:

1) Metodologia de Análise Multicritérios de Decisão (MCDA), que oferece técnicas eficazes para auxiliar a tomada de decisão, ajudando a classificar ou priorizar as opções (ou alternativas) analisadas. Importante é que cada opção tem de ser caracterizada por uma série de critérios de decisão definida, por exemplo: técnicas, modelos econômicos, ambientais, entre outros.

Os métodos MCDA diferem em como lidar com as preferências entre alternativas, por tanto o processo decisório começa ao definir o conjunto de opções de interesse (ou seja, o potencial de soluções alternativas) para o problema analisado. Ao mesmo tempo, um conjunto de critérios utilizados para avaliar essas soluções opcionais pode ser aplicado. Este é um processo iterativo que, finalmente, resulta em uma lista de soluções opcionais a serem considerados e vários critérios para ser usado para avaliar e compará-los (DORINI et al., 2011).

2) Processo de Análise Hierárquico (AHP – *Analytic Hierarchy Process*): Sipahi e Timor (2010) mencionaram que, durante os anos de 2005-2009, o uso generalizado do método AHP mostra que ainda é uma ferramenta de decisão poderosa para ajudar os gestores em muitas situações de decisão. A simulação é uma metodologia eficaz que examina a incerteza na AHP e ajuda a reduzir a incerteza medida da experiência observada em estudos abordados.

Apresenta-se como conclusão que, se for decidido utilizar-se um MCDA como ferramenta de auxílio à decisão, para responder a eminente decisão de qual utilizar, a situação com que a decisão será tomada é a que levará à escolha (PAMPLONA et al.1999).

Neste trabalho, são considerados cinco grupos de variáveis que descrevem as condições associadas a culturas produzidas, ao microclima no momento da aplicação, ao alvo a controlar, ao tipo e desenvolvimento da praga, a condições operacionais relacionadas com a técnica de aplicação e aos equipamentos de pulverização disponíveis.

Visando desenvolver uma estrutura modular e fornecer as saídas do sistema especialista, foram definidas quatro seções, a seguir: (a) Parâmetros Operacionais, (b) Melhor momento da aplicação, (c) Custos de aplicação e (d) Eficiência de aplicação.

Para a construção do sistema de informação espaço temporal para o desenvolvimento da arquitetura do programa (*Software*), contou-se com o auxílio de profissionais da Engenharia de Computação e Sistemas Digitais. Aplicando-se uma adaptação da metodologia descrita por Ribeiro (2007), procedeu-se da seguinte forma:

1. Identificação das necessidades de informação com base em: Modelos Selecionados; variáveis ou fatores importantes na definição e de acordo com os modelos; dados de Entrada de modelos; marcação de dados; recursos de bibliográficos (trabalho de pesquisa, artigos científicos, projetos de pesquisa).

2. Seleção de *Software* e Desenho de Banco de dados: estruturação do banco de dados: desenho do banco de dados para armazenar as informações do SISD TAP; tabelas de projeto: estrutura das tabelas dinâmicas que compõe o banco de dados; diagramação de relacionamentos: criação dos enlaces e as relações entre tabelas, em conformidade com os requisitos das associações entre os dados do sistema; seleção do domínio: nome do endereço público para identificação do projeto; criação do desenho dos logotipos que identificam a determinação do sistema; criação de portal de informações, produção para sua hospedagem, apresenta informações SISD-TAP e outros recursos de informação e comunicação.

O programa foi desenvolvido na linguagem de programação *Java* no ambiente *Netbeans* versão 7.4. A base de dados interna do programa é feita através um mapeamento objeto relacional, com dados importados de arquivos *CSV*. Estes dados são salvos em um arquivo único, de formato específico do programa, através do uso de serialização das classes de mapeamento, criptografadas com o algoritmo *SHA1*. A interface do usuário foi feita utilizando a *API Java Swing*. Como é a primeira versão do programa, não há suporte *WEB* implementado, e todas as informações são armazenadas localmente. Para o manutenção do sistema, foi utilizado o sistema de controle de versões *SVN*.

A programação foi feita a partir das entradas, o algoritmo de codificação foi na linguagem de programação utilizada para executar os processos que permitem a transformação de entradas em resultados, que podem ser traduzidas em linguagem simples e esclarecedora para o usuário.

Finalmente, é feita a apresentação das saídas. A programação dos modelos oferece como resultados, valores e dados convertidos em informações úteis para tomada de decisão pelos agricultores com o uso do *SISD-TAP*. As saídas são apresentadas de forma quantitativa e acompanhadas pela explicação para sua adequada descrição, a decisão é oferecida como guia ou modelo para que o produtor possa decidir o que fazer com um grau de incerteza menor e por adição, uma maior possibilidade de alcançar sucesso na gestão das pragas em sua lavoura.

### 3.3.3. Testes e validação da *SISD-TAP*

O teste e validação do *SISD-TAP* foram realizados a partir da simulação: (i) com o registro de dados de entrada nos modelos com dados apresentados em pesquisas publicadas em periódicos científicos e técnicos, para a validação da execução da aplicação, (ii) verificação de dados saídas, a partir da análise dos resultados obtidos pelo programa para os distintos cenários de planejamento desenhados.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Definição de prioridades no manejo da aplicação de produtos fitossanitários, Estudo de Caso da Região Central do Rio Grande do Sul, Brasil

A utilização de produtos fitossanitários para o controle das pragas nas lavouras é um processo muito complexo e está estreitamente influenciada por um conjunto de variáveis biológicas (associadas à cultura e às pragas), tecnológicas (diretamente relacionadas com o manejo agrícola e as técnicas de aplicação), ambientais (correspondentes ao meio físico natural e produtivo) e aos aspectos social-políticos e econômicos que afetam de forma casual e diversa a seleção adequada da técnica de aplicação, o momento para fazer o controle e finalmente a eficiência e/ou eficácia além dos custos dos controles.

Nesse sentido, o conhecimento desse processo e das variáveis atuantes assumem uma importância vital pelas suas implicações nos aspectos relacionados com a sustentabilidade e produtividade do sistema de produção agrícola e pelos impactos que pode gerar na obtenção de mais e melhores produtos agrícolas, para satisfazer a uma população em crescimento ao mesmo tempo em que se diminui os efeitos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente.

Aproveitando as informações coletadas a partir da dissertação de Casali (2012), em que a pesquisa foi proposta em uma amostragem de 50 produtores rurais da Região Central do Rio Grande do Sul, foi possível a análise de nove questões de múltipla escolha propostas aos agricultores.

Em geral as culturas produzidas pelas pessoas entrevistadas consistiam basicamente em soja e arroz, com algumas parcelas de milho e pastagem, em áreas de 12 até 2000 hectares, sendo que a maioria tinha áreas em torno de 100 hectares segundo o autor da pesquisa.

Em geral as culturas produzidas pelas pessoas entrevistadas consistiam basicamente em soja e arroz, com algumas parcelas de milho e pastagem, em áreas de 12 até 2000 hectares, sendo que a maioria tinha áreas em torno de 100 hectares segundo o autor da pesquisa. Os resultados do somatório da aplicação da Matriz Mudge para a comparação dos fatores estudados são apresentados na Tabela 1. A estimativa do grau de importância (em porcentagem) relacionado ao total geral da

somatória das valorações obtidas é mostrada na Tabela 2.

Tabela 1 - Matriz Mudge para a valoração dos fatores de influência da amostra de 51 produtores da Região Central do Rio Grande do Sul, RS

#	Fator	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Soma
1	Frequência da Inspeção		02B	01B	04A	05A	01C	01B	08A	09A	01B	10
2	Calibração do pulverizador			02B	02B	05A	02B	02B	08A	09A	02C	16
3	Uso do manômetro				04A	05A	06A	03B	03C	09A	10A	4
4	Procedimento do Regulagem					04B	04C	07B	08B	09B	04B	17
5	Seleção do volume aplicado						05C	07B	05C	05C	10B	18
6	Recomendação do defensivo							07B	08A	09A	06B	8
7	Seleção das Pontas								08A	07A	07B	17
8	Danos ao ambiente/pessoas									08A	10A	28
9	Riscos a Saúde /pessoas										10A	23
10	Avaliação Eficiência/eficácia											18

Valoração: A=5: B=3 e C=1

Tabela 2 - Resultados da estimativa do grau de importância em percentagem (%) e posição (ordinal) dos fatores de influência das respostas dos produtores rurais da Região Central do Rio Grande do sul

Fator	(%)	Posição
Danos ao ambiente	17,61	1
Riscos à Saúde /pessoas	14,47	2
Avaliação eficiência/eficácia	11,32	3
Seleção do volume aplicado	11,32	3
Seleção das Pontas	10,69	4
Procedimentos de Regulagem	10,69	4
Calibração do pulverizador	10,06	5
Frequência da Inspeção	6,29	6
Recomendação do defensivo	5,03	7
Uso do manômetro	2,52	8



O fator que obteve o primeiro grau em importância, de acordo com a matriz de Mudge, foi “Danos ao ambiente”. Esse resultado sugere que os agricultores estão já conscientizados ou cientes dos impactos negativos da utilização de fitossanitários em suas lavouras, coincidindo com Finholdt et al. (2005), quem ressaltaram que o desempenho das aplicações de forma eficiente sem ocasionar uma maior degradação ambiental constitui um dos desafios da agricultura moderna que deve ser adequadamente estudado.

Os “Riscos à Saúde/pessoas” estiveram em segundo grau de importância, confirmando a preocupação dos produtores no que se refere à possibilidade de ter problemas de saúde pela exposição a esses produtos químicos, concordando com Garcia e Alves (2005), os quais referem que, no Brasil, se estima que em torno de 150 mil a 200 mil pessoas por ano sofrem intoxicações agudas devido ao contato inadequado com agrotóxicos. Porém há alguns anos a preocupação em minimizar a quantidade de produtos químicos lançados sobre as áreas de lavoura vem aumentando, seja por pesquisadores, profissionais do setor agrário ou a população em geral.

Em seguida, a “Avaliação da eficiência/eficácia” da aplicação de fitossanitários e a “Seleção do volume aplicado” alcançaram o terceiro grau de importância (11,32 %), porém, quando efetuada a verificação da eficácia da aplicação, na maioria dos casos, os produtores informaram que consistia na simples constatação da eliminação do alvo, não sendo efetuada a quantificação da cobertura alcançada e de ser possível a determinação do tamanho e número de gotas por área, que seria a recomendação para uma adequada avaliação.

Além das ações direcionadas com o estabelecimento de procedimentos de inspeção programada “Frequência de Inspeção” do equipamento, fator que alcançou o quarto lugar de importância, fortalecendo as apreciações dos produtores sobre a influência destes na tecnologia de aplicação. Esta observação coincide com Gil (2003), o qual comenta que a inspeção periódica de pulverizadores é uma importante ferramenta para melhorar a tecnologia de aplicação de defensivos. Sugere que para os produtores o sucesso dos controles está diretamente associado a um equipamento adequadamente regulado que possa aplicar o volume da calda corretamente selecionado o que pode ser confirmado ou inferido com as atividades de avaliação das aplicações feitas nas lavouras.

Em relação à “Seleção das pontas” e aos “Procedimentos de regulagem” de fatores associados ao equipamento e à técnica de pulverização, observou-se um menor grau de importância aos fatores anteriormente analisados e conseqüente menor influência na tecnologia de aplicação.

Porém, o conhecimento das condições de trabalho e o desempenho das pontas de pulverização, para Christofolletti (1999), são fundamentais quando se busca uma aplicação adequada, eficiente e econômica.

Entretanto, é dada muita importância ao produto fitossanitário e pouca à técnica de aplicação, a “Recomendação de defensivos” alcançou o sétimo grau de importância sendo superior só ao uso dos manômetros, estima-se que grande parte das falhas ocorridas durante as aplicações fitossanitárias podem estar associadas à falta de manutenção do equipamento ou a erros de regulagens e de calibração, no entanto, Alvarenga (2010) assinala que, geralmente, em casos envolvendo a eficácia da aplicação, a responsabilidade é dada ao produto (fitossanitário). Entretanto, ela pode estar associada no mau uso dos equipamentos de pulverização que culmina em uma pulverização ineficiente e que irá apenas aumentar o custo da produção, sem benefício no controle de pragas, doenças e plantas daninhas, sendo fatores que interagem diretamente na correta utilização da técnica de aplicação.

O fator que alcançou o menor grau de importância pelos produtores foi “Uso de manômetros”, ainda ser os manômetros utilizados em pulverizadores agrícolas de grande importância de maneira a permitir que a calibração final desses equipamentos, possa ser efetuada, em trabalhos realizados por Dornelles et al. (2008), os quais procederam com a inspeção de manômetros dos pulverizadores agrícolas utilizados na Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, foi constatado a reprovação dos pulverizadores em 81,6% quanto ao item manômetro, ou seja, aprovação de apenas 19,4% dos pulverizadores.

Semelhantemente, Antuniassi e Gandolfo (2001) encontraram problemas com manômetros em 92,3% do total de 200 pulverizadores inspecionados no estado do Paraná. Esses pesquisadores indicaram o despreparo dos operadores sendo evidente, uma vez que em 80% dos casos investigados, foram constatados erros na taxa de aplicação ou na dose de aplicação dos produtos fitossanitários. Situação que parece estar relacionada com o nível de instrução e educação dos produtores dado seu deficiente acesso ao sistema técnico educativo, entre outras menos importantes.

O baixo grau de influência desses fatores é preocupante, pois todos esses refletem diretamente a boa qualidade das aplicações, e pode comprometer sua eficácia, ao aumentar os volumes de aplicação ou incrementar as perdas por deriva com os consequentes riscos de ocasionar danos à saúde das pessoas e contaminação do ambiente.

#### **4.2. Definição dos fatores de influência em Tecnologia de Aplicação de fitossanitários. Criação do Modelo Conceitual de Decisão**

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários, além de ser considerada por muitos autores como uma das técnicas de manejo das culturas mais ineficientes, baseado nas baixas quantidades de produto efetivamente colocado no alvo biológico, é até agora uma ferramenta insubstituível para conseguir alcançar altos níveis de produtividade e qualidade dos produtos colhidos.

Com o incremento no conhecimento das magnitudes e das complexas relações entre as distintas variáveis e fatores atuantes dentro do processo, possibilitará realizar análises e interpretações precisas visando a melhor compreensão da técnica para prover respostas oportunas às diferentes condições sob as quais são efetuados os controles das pragas nas culturas.

Foram obtidas 103 respostas ao questionário por parte de profissionais envolvidos na aplicação da tecnologia de agrotóxicos, dos seguintes países: Argentina, Bolívia, Brasil, Colômbia, Chile, Espanha, Uruguai, Paraguai, Peru e Venezuela, sendo a maioria dos entrevistados pertencentes a importantes instituições de pesquisa e de extensão nesses países.

A partir da codificação dos critérios e subcritérios selecionados (Tabela 3), foi realizada análise numérica funcional para comparar os critérios, além de realizar hierarquização dos resultados e a definição da prioridade dos mesmos. Esses valores permitiram avaliar a influência que cada um destes critérios representa na tecnologia de aplicação de agrotóxicos, delineando os parâmetros de diferenciação para a concepção do modelo de decisão.

A determinação da importância de cada um dos grandes critérios e sua avaliação ou grau de importância foi realizada em ordem decrescente (Tabela 4): Tecnológicos (0,9009) primeiro grau de importância, Biológicos (0,8970) em segundo, Ambientais (0,8854) em terceiro, todos eles codificados em cor vermelha (valorização maior a 0,8500).

Seguido a estes os conceitos relacionados aos critérios: Econômicos (0,8490) quarto grau de importância e Sociais (0,8327) quinto, que foram codificados em cor amarela (valorização na faixa de 0,8000-0,8500) e finalmente os critérios codificados em cor verde (valorização menor que 0,800): Agrícolas (0,7883) e Políticos-Legais (0,6058) na sexta e sétima posição de grau de importância, respectivamente.

Tabela 3 - Resultados da valoração dos 51 Sub Critério/Fator, baseado nas respostas obtidas no Questionário Fatores de influência em tecnologia de aplicação

<b>Critério</b>	<b>Sub Critério/Fator</b>	<b>Valorização</b>
Alvo Biológico	Tipo (Cereal, leguminosa, hortícola, frutal)	0,7500
	Índice de área foliar (IAF)	0,5673
	Densidade folhar de planta	0,4327
	Fenologia (Estágio de Crescimento)	0,7885
	Dossel (arquitetura)	0,6442
	População de plantas (n° de plantas/ha)	0,3365
	Duração do ciclo da cultura	0,2885
	Altura de plantas	0,2981
Econômicos	Umidade superficial das folhas (orvalho)	0,4904
	Retorno econômico dos tratamentos	0,5192
	Custos de produção	0,5577
	Perda de renda por não controlar as pragas	0,2115
	Rendimento e produtividade da cultura	0,3750
Tecnológicos	Perdas de rendimento dos cultivos devido às pragas	0,3942
	Equipamentos de pulverização	0,5385
	Tipo e tamanho (Vazão) de bicos	0,6250
	Propriedades físico-químicas do produto aplicado	0,3269
	Largura da barra, Capacidade do depósito	0,0192
	Doses- concentração- mistura, Taxa de aplicação	0,6635
	Tamanho de gota	0,7019
	Perdas de produto	0,5192
	Capacidade de trabalho	0,2212
	Calibração de equipamentos	0,6923
Sociais	Velocidade de operação, Pressão de trabalho	0,3269
	Formação e educação do agricultor	0,7308
Agrícolas	Impacto e Risco ambiental	0,7596
	Tamanho e forma do talhão	0,1058
	Tipo de Praga (planta daninha, vírus, inseto, fungo)	0,8269
	Localização do alvo	0,6058
	Nível de dano econômico	0,6058
	Potencial de dano da praga	0,4327
	Resistência das pragas	0,3846
	Ecologia das pragas	0,1731
	Mobilidade da praga	0,2115
	Seleção de produto fitossanitário	0,4038
	Toxicidade do produto fitossanitário	0,2788
	Seletividade do produto	0,4135
	Período de carência do produto	0,2308
Ambientais	Necessidade de coadjuvantes	0,1827
	Tipo de solo (textura, umidade)	0,2500
	Temperatura do ar	0,8846
	Umidade relativa do ar	0,8846
	Velocidade e direção do vento	0,8750
	Precipitação	0,6827
	Ponto de orvalho	0,2404
	Inversão térmica ambiental	0,3558
Políticos	Relevo e micro relevo (declividade)	0,1250
	Trafegabilidade do solo	0,2308
	Preços do Produto colhido	0,0962
	Índices ou indicadores de risco ambiental	0,4519
	Normalização ambiental e de segurança	0,4519

Tabela 4 - Resultados da valorização e classificação hierárquica dos Critérios (fatores gerais) baseado nas respostas obtidas no Questionário Fatores de influência em tecnologia de aplicação

<b>Critério</b>	<b>Valoração</b>	<b>Nível de importância</b>
Tecnológicos	0,9009	1
Alvo Biológico	0,8970	2
Ambientais	0,8854	3
Econômicos	0,8660	4
Sociais	0,8427	5
Agrícolas	0,7883	6
Políticos	0,6058	7

De forma geral, ressalta-se a importância que a tecnologia de aplicação possui para os especialistas na área, o que resulta em uma influência primária dos aspectos próprios da técnica, confirmando estes como os que, em maior grau, refletem na eficiência e na eficácia dos controles das pragas. Embora sejam os mais importantes do ponto de vista meramente agrônomo, como técnica de manejo, ainda há uma alta preocupação com as variáveis econômicas (custo, produtividade, rentabilidade) e com os aspectos sociais, ambientais e políticos que, sem dúvida, exercem e condicionam as aplicações de agrotóxicos para o controle das pragas nas culturas.

Muitos são os fatores que interferem na baixa qualidade nas operações de pulverização, que vão desde a calibração do equipamento as condições atmosféricas. O somatório de todos os fatores irá resultar em uma aplicação de boa ou má qualidade com reflexos diretos na produtividade e nos custos de produção.

Os subcritérios ou fatores conceitos associadas a estes grandes conteúdos, são listados e mostrados em associação, respectivamente sendo classificados em ordem de importância com codificação semelhante aos grandes critérios, com a diferença do *ranking* para o estabelecimento de seu nível ou grau de relevância em tecnologia de aplicação.

Por fim, foi desenvolvido um modelo conceitual de decisões (Figura 1) para prover de uma forma simples a descrição da complexa rede de conhecimentos que possuem os especialistas, técnicos, produtores, docentes e profissionais que enfrentam o controle de pragas nas culturas.

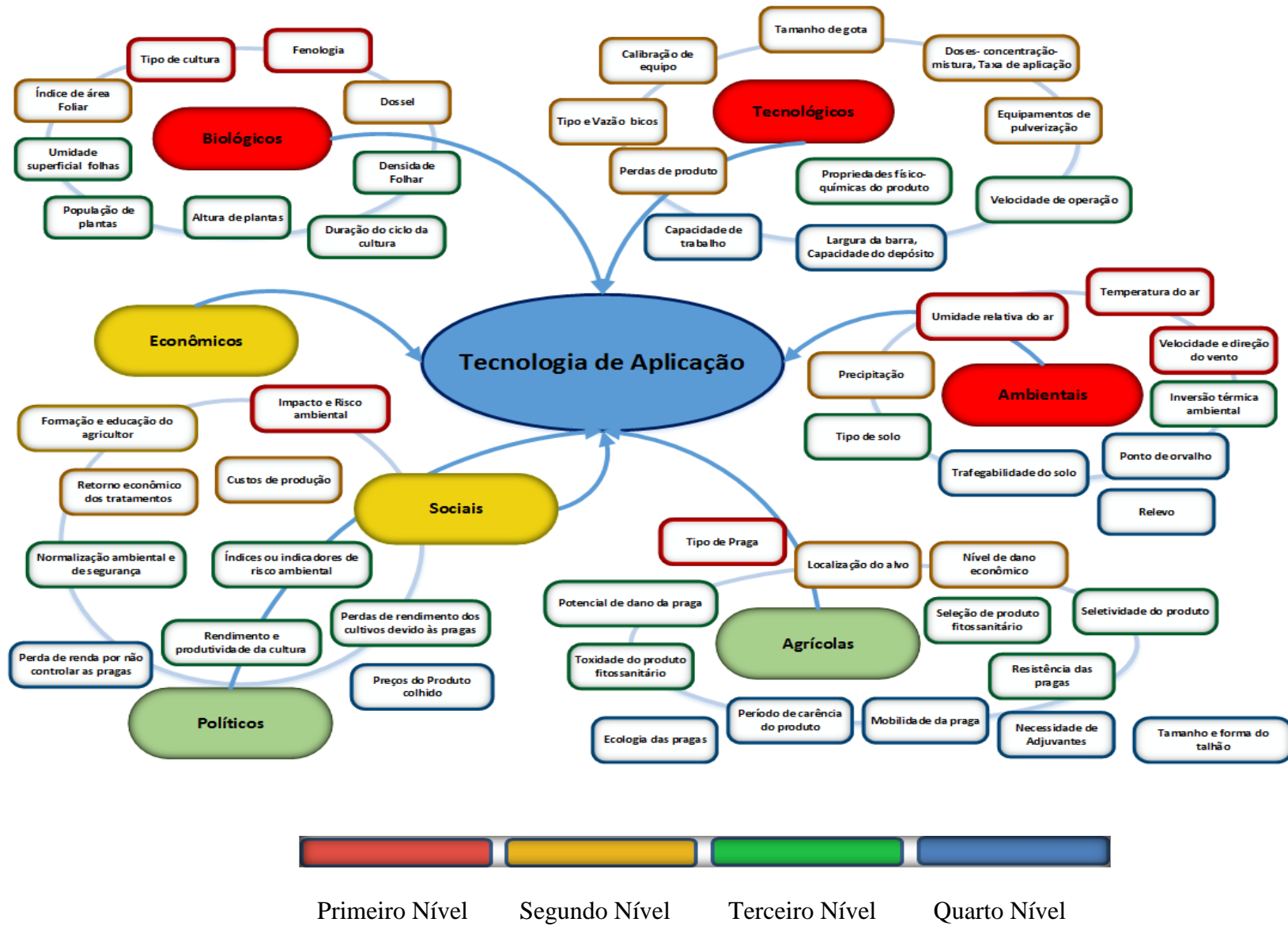


Figura 1- Modelo Conceitual de Decisões em Tecnologia de Aplicação de produtos fitossanitários

A partir da definição do alvo, busca-se dimensionar o tamanho de gotas e o volume de aplicação necessário para obter a maior eficiência do controle com os fitossanitários. Invariavelmente se deve considerar os demais fatores como o momento de aplicação, as condições climáticas, os produtos utilizados e as condições que apresentam as máquinas e equipamentos de aplicação, para que logo possam ser ajustados adequadamente a cada situação, visando o máximo desempenho possível com o mínimo de perdas (seja por deriva ou por evaporação), mantendo níveis de rentabilidade suficientes para que o retorno econômico das aplicações justifique sua utilização.

Nesse contexto, a proteção química das culturas figura como uma das exigências mais expressivas em termos de tecnologias utilizadas atualmente, o que pode implicar em elevação substancial dos custos de produção para que seja possível a manutenção do potencial produtivo inicialmente atribuído às culturas.

A observação do modelo conceitual de decisão em tecnologia de aplicação de fitossanitários, construído a partir de especialistas, revela importantes grupos de conhecimentos e percepções, tanto para os Critérios gerais como para os Subcritérios/fatores e seus níveis específicos de valoração. Observando-se primeiramente o modelo conceitual, pode-se perceber a importância relativa de cada critério ou conceito, notando-se que diferem na percepção da sua importância relativa.

Os especialistas demonstraram estar, em grande parte, preocupados pelos aspectos tecnológicos, biológicos e ambientais, seguido por fatores econômicos e sociais que contribuem para a compreensão da tecnologia de aplicação, além de serem mais importante que os processos e variáveis agrícolas e, secundariamente, sobre as influências dos critérios políticos.

De forma semelhante os especialistas manifestaram maior importância com os subcritério/fator Tipo de cultura e Fenologia (associados aos da área Biológica), Umidade do ar, Temperatura do ar e Velocidade do vento (aspectos Ambientais), Impactos e riscos ambientais (relacionado com critérios Econômico-Sociais e Políticos) e o tipo de praga (dentro dos fatores Agrícolas). Em contraste ressalta o fato que nenhum subcritério/fator associado aos Critérios Tecnológicos foi assinalado como de nível alto de importância, não obstante ser o que obteve a mais alta valoração entre os especialistas.

Porém, foi no critério Tecnológico onde a maioria dos subfatores associados (tamanho de gota, calibração do equipamento, doses concentração e mistura, tipo e vazão de ponta, perdas de

produto e equipamento de pulverização) alcançaram o grau de importância secundário, embora superiores aos subcritérios que se relacionam com eficiência de trabalho e o rendimento operacional do equipamento (largura da barra, velocidade de trabalho, capacidade do tanque), e ao único fator relacionado com o produto químico que apresentou grau de influência baixo.

Em referência ao Critério Biológico é importante assinalar que, na percepção dos especialistas, as variáveis relacionadas com o alvo biológico (Índice de área foliar e dossel) são secundariamente importantes, embora associadas à fenologia da cultura, em conjunto as variáveis altura de plantas, densidade folhar, população de plantas e duração do ciclo da cultura, as quais resultaram com menor grau de influência para a tecnologia de aplicação.

Mesmo que os critérios agrícolas não figuraram como de mais alta importância como os antes mencionados, eles amostraram a maior quantidade de subcritérios/fatores associados (13), os que incluem aspectos e variáveis relacionadas às pragas e produtos químicos, principalmente.

Ao observar o conjunto constituído pelos critérios Econômicos, Sociais e Políticos, os especialistas demonstraram estar enfocados fortemente sobre os impactos da tecnologia de aplicação na agricultura e reconheceram uma série de fatores associados, que podem impactar a sociedade, o meio ambiente e a agricultura.

Os especialistas reconheceram os conceitos e estratégias no âmbito da prevenção e impactos ambientais e os efeitos econômicos, mostrando um enfoque baseado na sustentabilidade dos controles.

Finalmente ressalta o nível de importância secundário associado ao subcritério/fator Formação e Educação do agricultor, embora seja o único relacionado com estes aspectos. Em resumo, ao observar integralmente estes três fatores e seus respectivos subconceitos, é possível conseguir semelhanças e coincidências com as análises e discussões apresentadas nos resultados para definição das prioridades na gestão da aplicação de produtos fitossanitários, Estudo de Caso da Região Central do Rio Grande do Sul, Brasil (subitem 4.1 dos resultados).

#### **4.3. Determinação dos fatores de influência para a definição do melhor momento de aplicação, Eficiência/eficácia e utilização de sistemas informáticos na gestão de pragas**



Um aspecto muito importante relacionado à efetividade dos controles de pragas com produtos fitossanitários refere-se à correta determinação do momento de aplicação, as perdas de produto devido à deriva da pulverização realizada, assim como a evaporação do mesmo, que dependem em geral das condições atmosféricas ambientais existentes no local onde são realizados. Nesse sentido, um dos desafios marcantes para o sucesso na utilização da técnica, é a definição adequada das condições em que a praga a ser controlada apresenta a maior suscetibilidade ao produto selecionado. Também é importante considerar o estágio fenológico das culturas (alvo biológico a ser atingido), o que influi na correta definição para o início das aplicações.

Em referência a isto, na Figura 2, pode-se observar os resultados das respostas dos entrevistados sobre as situações mais influentes na definição de qual é o melhor momento da aplicação de fitossanitários para o controle de pragas nas culturas.

As questões que apresentaram o maior grau de influência (frequência relativa superior a 50%), no Momento de Aplicação, foram as condições climáticas favoráveis, o limiar econômico de infestação das pragas, o equipamento de pulverização em ótimo estado de funcionamento e a existência do menor risco de contaminação ambiental, em ordem decrescente.



Figura 2 - Resultados das respostas dos entrevistados em relação ao melhor momento de aplicação

Contrariamente Azevedo e Oliveira (2006) indicaram a época adequada de aplicação, podendo ser estabelecida baseada nas seguintes considerações: 1. - Nível de infestação das pragas, patógenos e plantas daninhas, 2. - Estágios de infecção das doenças, 3. - Estágios de desenvolvimento das plantas daninhas e 4. - Condições climáticas (associadas à operação).

No entanto, é importante notar que um número significativo de autores, normalmente referem inconvenientes práticos para fazer aplicações sob condições climáticas definidas como "inapropriadas "ou" negativas".

Embora isto seja verdade, não é possível com esses dados, de fato, confirmar que as baixas eficiências alcançadas nas deposições (e, portanto, um controle de pragas não efetivo) são uma resposta direta (entre vários fatores) a mudanças nas magnitudes das variáveis meteorológicas presentes durante o momento do controle (SILVA,1997).

Quando as condições dos equipamentos possibilitam conseguir uma gota biologicamente eficiente, e existe o menor risco de exposição dos operários aos produtos químicos fitossanitários, foram, na percepção dos entrevistados, situações de mediano grau de influência na definição do momento de aplicação.

Durante o processo de pulverização, são produzidas perdas significativas de volume pulverizado que podem atingir até 30% do total aplicado (CROSS, 1988; PLANAS e PONS, 1991 e ADE, 1992), ou ultrapassar 70%, conforme (CHAIM et al., 2000). Uma parte dessas perdas podem ser minimizadas por calibração e ajustes no pulverizador, a outra depende da substância aplicada e das condições atmosféricas sob a qual as aplicações são realizadas, de modo que são difíceis de controlar, podendo provocar maiores perdas de produto, com os consequentes riscos ao ambiente e às pessoas (BARRUFET, 1993).

Complementam Balastreire e Esquerdo (2003), ao afirmar que além de diminuir a lucratividade da atividade, o uso excessivo de defensivos pode causar a contaminação do ambiente quando utilizado de maneira irracional e indiscriminada.

Menores porcentagens de influência sob a definição do momento de aplicação foram observadas nas situações relacionadas com a identificação apenas na presença da praga no local e quando a cultura encontra-se em estágio reprodutivo, não obstante a decisão do momento correto de aplicação no caso dos fungicidas seja fundamental para a eficiência dos tratamentos, uma vez que os atrasos nas aplicações destes produtos podem tornar o controle químico tão ineficaz quanto a ausência de aplicações (CALAÇA, 2008 apud FERREIRA et al., 2013).

Em geral Vieri (1992), para as condições européias indica que uma aplicação feita de maneira oportuna é ainda mais eficaz com doses inferiores às normais. Além disso, nestas condições, os resultados de dispersão e perdas de produto são reduzidos. Afirma também que o momento mais adequado para aplicar os produtos muito pulverizados (tais como inseticidas e fungicidas) é o final do dia, quando a velocidade do vento é baixa, os insetos são biologicamente ativos e a inversão térmica diária é verificada, permitindo que a massa pulverizada não seja dispersa muito rapidamente.

Complementa Alvarenga (2010), ao mencionar que geralmente, em casos envolvendo a eficácia da aplicação, a responsabilidade é dada ao produto (defensivo), entretanto ela pode estar no mau uso dos equipamentos de pulverização, que culmina em uma pulverização ineficiente e que irá apenas aumentar o custo da produção, sem benefício no controle de pragas, doenças e plantas infestantes.

Em relação à avaliação da eficiência e da eficácia dos controles de pragas com pulverizações de produtos fitossanitários, apresentados na Figura 3, os entrevistados (entre 50- 60 % deles) assinalaram como critérios de maior influência e em ordem decrescente: o número de impactos (gotas) por unidade de área coberta, maior produtividade da cultura, maior qualidade do produto colhido e diminuição das perdas por deriva, evaporação e escorrimento da pulverização.

Leiva (1996) assinala que a chegada do produto fitossanitário ao lugar desejado é necessária, mas não suficiente. Deve ser depositado com certa cobertura (impactos por centímetro quadrado) e ter a persistência de uma forma absorvível pela superfície da planta, ressaltando que a qualidade da aplicação implica então: cobertura, consistência, persistência e absorção.

A deriva é um dos principais problemas que deve ser constatado durante o processo de pulverização de fitossanitários, pois está diretamente relacionado à contaminação do aplicador, do meio ambiente e de culturas vizinhas, além de causar prejuízos ao agricultor, já que boa parte do produto aplicado não atinge o alvo desejado, reduz a eficiência da aplicação e onera os custos de produção (RAMOS, 2001).



Figura 3 - Resultados das respostas dos entrevistados para avaliação da eficiência e eficácia de aplicação

A seguir, os critérios eliminação da praga, redução da perda de produção e redução dos custos de produção alcançaram percentagens de respostas no intervalo de 40-50 %, enquanto que o resultado de acordo com o planejado, a diminuição dos volumes de aplicação e o menor índice ou indicador de riscos por contaminação ambiental localizaram-se na faixa de 30-40 % das respostas em relação ao total de especialistas consultados.

Segundo Ramos (2005), a aplicação eficiente de agrotóxicos começa com a identificação correta do alvo a ser atingido, complementando que o agrotóxico deve exercer sua ação sobre um determinado organismo que se deseja controlar, portanto, o alvo a ser atingido é esse organismo (alvo biológico), seja ele uma planta daninha, um inseto, um fungo ou uma bactéria. Esse mesmo autor considera que qualquer produto que não atinja diretamente o alvo não terá sua eficácia e será considerada uma forma de perda.

Por outro lado, o volume de pulverização a ser utilizado será sempre consequência da aplicação eficaz e nunca uma condição pré-estabelecida, pois depende de fatores tais como: o alvo desejado, o tipo de ponta utilizado, as condições climáticas, a arquitetura da planta e o tipo de produto a ser aplicado. Sendo assim, esse fator deveria ser considerado de importante análise e ser

objetivado através dos demais fatores que compõem a aplicação (ANDEF, 2010).

Finalmente os critérios com menor grau de influência na determinação da eficiência e eficácia das aplicações de produtos químicos fitossanitários respondem a variáveis relacionadas propriamente ao equipamento de pulverização, como a capacidade operacional (cerca de 20% das respostas) e o menor tempo de operação (com menos de 10% de respostas indicadas).

Silva (1997) mencionou que os progressos que ocorrem continuamente na área de manejo integrado de pragas e da proteção fitossanitária (conhecido como controle químico), são indicados por diversos autores como essenciais no momento atual. Sublinhando que isto requer produtos químicos apropriados, além do uso das técnicas de aplicação adequadas, objetivando maximizar a eficácia do fitossanitário e minimizando qualquer risco para o meio ambiente para procurar uma redução de custos associados a aplicação, o que necessariamente vai influir nos custos de produção.

Ressalta Leiva (1996) a importância de entender que nenhum produto químico fitossanitário ou equipamento de pulverização é melhor do que a sua própria técnica de aplicação. Os pontos-chave para entender e gerenciar a qualidade da aplicação são: a) o processo de formação de gotas, b) deriva e os fatores que a afetam, c) a cobertura e uniformidade de aplicação d) o volume de aplicação.

Os defensivos constituem grande parte do custo total com insumos utilizados na atividade agrícola. Não obstante, sabe-se que o custo envolvendo a aquisição dos insumos varia entre 60 e 80% do custo total de produção das culturas do arroz e da soja respectivamente (BALASTREIRE e ESQUERDO, 2003). Assinalam estes autores que, se analisando com maior ímpeto a tarefa de gestão dos custos da atividade, pode-se chegar à conclusão que as possíveis alternativas para uma maior lucratividade da produção agrícola e uma redução do impacto ambiental, causado pelo uso de agrotóxicos envolvem o desenvolvimento de mecanismos de aplicação mais precisos, juntamente com ferramentas para a tomada de decisão mais coerente.

O uso de métodos modernos, que disponibilizam tecnologias de aplicação avançadas aos produtores leva, incondicionalmente, a informatização do meio rural. Esse processo iniciou-se com técnicas de administração e comercialização, e atualmente novos níveis de gerenciamento da tomada de decisão podem ser alcançados por este conjunto de técnicas (MOLIN, 2003).

É possível salientar que os princípios tecnológicos nos quais a agricultura de precisão ampara-se compreendem todas as técnicas que visam melhorar a eficiência da aplicação, sejam elas

computacionais ou referentes a melhorias e avanços nos equipamentos de pulverização agrícola.

Nesse sentido, o gerenciamento localizado das culturas, baseado nos princípios da agricultura de precisão é uma das alternativas que vem sendo proposta para a redução no uso de defensivos agrícolas. A possibilidade de visitar, georreferenciar e mensurar uma determinada característica de um local no campo e voltar a tal local com uma acurácia elevada, tem permitido que tais princípios sejam postos em prática de forma adequada (BALASTREIRE e ESQUERDO, 2003).

Desse modo, os sistemas de informação por computação podem permitir ao produtor desenvolver e implementar alternativas para o manejo da Gestão dos controles das pragas em suas lavouras, para antecipar as necessidades de adequadas técnicas e métodos específicos. Aliás, como melhorar e coordenar a utilização de combinações de distintas ações, para o manejo eficiente dos insumos e equipamentos visando maximizar a produtividade, assim como a sustentabilidade do sistema produtivo.

Escolá (2010) assinala que os sistemas de apoio à decisão são usados para analisar em conjunto todas as informações disponíveis e decidir qual operação é necessária realizar e se deve ser homogênea em toda a fazenda, ou se é preciso criar áreas distintas de atuação. Salienta o autor que a saída de um sistema de apoio à decisão poderia ser um mapa digital de atuação, onde o zoneamento das parcelas e as ações a serem tomadas em cada zona estejam refletidas.

No entanto, Colbach (2010) menciona que os modelos que melhor atendem às necessidades dos cientistas, que pesquisam em tecnologia de aplicação, são provavelmente os modelos dinâmicos que sintetizam e quantificam os efeitos dos componentes do sistema agrícola e os estágios de vida das pragas e o alvo biológico a atingir, e, sendo assim, podem ser usados para testar cenários.

Baseado nesse conjunto de argumentos, foi possível recompilar a percepções e opiniões do grupo de especialistas sobre quais eles consideraram que deveriam estar as saídas a serem oferecidas por Sistema de Apoio à Decisão em Tecnologia de Aplicação de Precisão (SISD-TAP).

Na Figura 4, são apresentados esses resultados, podendo-se observar que os critérios relacionados aos aspectos operacionais (doses, velocidade de trabalho, pressão de trabalho e tamanho de gotas) estiveram entre os de maior grau de importância para cerca de 80 % dos especialistas consultados.

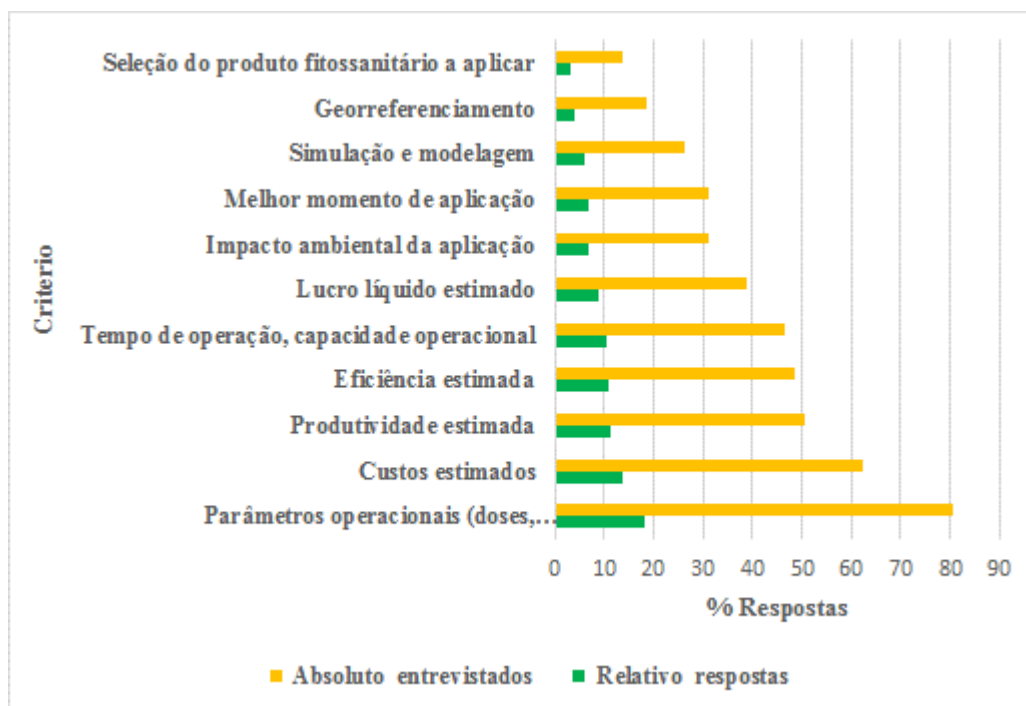


Figura 4 - Resultado das respostas dos especialistas para saídas a ser oferecidas por um sistema de decisão

É coincidente com as análises anteriormente realizadas nos critérios do melhor momento de aplicação e a avaliação da eficiência e eficácia das aplicações, nos quais, o grupo de entrevistados mencionou ao equipamento em condições ótimas e o número de impactos de gotas por unidade de área coberta, como os critérios com alto nível de influência, respectivamente.

Sem dúvida, há uma preocupação evidente dos especialistas nos critérios de custos, produtividade estimada da cultura, eficiência estimada das aplicações e tempos de operação e ritmo operacional, critérios que demonstraram ser importantes ao obter mais de 40 % das respostas. É indubitável que esses itens devem ser incorporados nas análises e interpretações e dentro das saídas de qualquer sistema de apoio às decisões por desenvolver.

No entanto, talvez por coincidência, o critério impacto ambiental da aplicação e melhor momento de aplicação na opinião dos especialistas ficaram com o mesmo grau de importância (30%) para ser considerados dentro das saídas de um sistema de decisões, fato que responde completamente às análises e interpretações já realizadas em discussões anteriores.

Em outro contexto, é estranho ou fora do esperado que as saídas de simulação e georreferenciamento foram deficientemente avaliadas (alcançaram em torno de 20%), assim como

a seleção do produto fitossanitário (15%). Possivelmente, poderia pensar-se que na percepção dos entrevistados estes critérios poderiam estar resolvidos com os grupos de conhecimentos associados à experiência prévia das pessoas, além das assessorias dos fabricantes de fitossanitários as quais são fundamentais nas aplicações (caso do produto) ou as dificuldades técnicas (da aplicabilidade) e econômicas (viabilidade) da utilização dos sistemas de georreferenciamento global e sistemas de informações geográficas.

Contudo, um problema importante nesta etapa de tomada de decisão é a falta de formação de muitos agricultores e técnicos no uso de novas tecnologias, especialmente na interpretação das informações geradas e na coleção de informação de qualidade (ESCOLÁ, 2010).

A abordagem da questão sobre o que fazer ao observar a presença ou não de uma praga na lavoura passa por reconhecer que há muitas tecnologias de aplicação eficazes e produtos disponíveis para realizar o controle, porém devem ser usados corretamente.

Uma aplicação eficaz começa com a observação do processo da Gestão de pragas: diagnosticar o problema, controlar o problema e acompanhar e avaliar os resultados. Os dois primeiros passos significam identificar a praga, depois a compreensão da natureza da praga (tais como o ciclo de vida) visando determinar um limiar de tolerância ou de dano econômico.

Se a resposta às questões resulta na necessidade da aplicação de um produto químico fitossanitário para controlar o problema, o operador precisa saber o básico da tecnologia de aplicação, isso inclui o equipamento e os efeitos da mudança nos parâmetros da pulverização (tais como a pressão ou o volume pulverizado, tipo de ponta, vazão e doses), do produto a ser aplicado (como período de carência e de segurança do produto) e o impacto das condições meteorológicas (como vento, temperatura do ar e a umidade relativa do ar) sobre a pulverização.

Além disto, o aplicador deve ter os conhecimentos técnicos básicos da manutenção adequada, calibragem e ajustes do equipamento pulverizador, de acordo com a natureza do alvo, que, aliás, é também muito importante.

Concluindo esses argumentos, pode-se estabelecer que a eficácia de uma aplicação está fortemente determinada pela compreensão dos operadores dos elementos que influenciam a aplicação e as decisões que ele toma para procurar o equilíbrio entre o benefício (retorno econômico da aplicação) e o compromisso com o ambiente, ou seja, por inferência direta eles são a base e o origem da sustentabilidade na utilização da tecnologia de aplicação de fitossanitários para a gestão das pragas em suas lavouras.



Visando analisar e comparar a percepção dos especialistas e usuários da tecnologia de aplicação sobre qual é o tratamento ou controle de pragas mais adequado, são apresentadas, na Figura 5, os resultados das respostas (25 conceitos) obtidas a partir do Questionário fatores de influência em Tecnologia de Aplicação.

A comparação dos usuários da tecnologia de aplicação e o grupo de especialistas revelam muitas diferenças chave em conhecimentos e percepções nas frequências ou percentagens dos subcritérios/fator relacionados com a definição do tratamento de pragas mais adequado.

Observando primeiramente cada critério associado ao Modelo Conceitual elaborado anteriormente e a importância relativa de cada subcritério/fator, assim como as diferenças absolutas das respostas para ambos os grupos, mostra-se uma semelhança importante com relação aos conceitos (organizados em ordem decrescente) adoção de Manejo Integrado de Pragas, a obtenção de eficiência e a eficácia no controle, a determinação e diminuição das perdas do produto, condições ambientais e adoção de práticas de conservação ambiental.

No entanto, foi possível verificar as maiores diferenças das percepções para os subcritérios de manejo de informação e monitoramento, momento de aplicação, equipamento de pulverização e a resistência da cultura, os quais resultaram ser mais importantes para os especialistas que para os usuários, como fatores relevantes para a definição do melhor tratamento na medida em que conseguem aproveitar esses conceitos para alcançar o sucesso no tratamento.

Em geral ambos os grupos consultados coincidem em assinalar os aspectos relacionados com a Tecnologia de aplicação como relevantes para definir o tipo de controle adequado, embora os subcritérios doses de aplicação, produto fitossanitário e determinação da eficiência e a eficácia foram mais representativos para os usuários e os subcritérios equipe, tecnologia de aplicação, momento de aplicação e perdas dos produtos foram principalmente mencionados pelos especialistas.

Na percepção dos usuários, ressalta-se a importância sobre os critérios econômicos, biológicos e ambientais, isto é, economia no controle, custo ambiental, sustentabilidade, nessa ordem de prioridade; produtividade da cultura, alvo biológico, qualidade do produto colhido e resistência da cultura, em ordem decrescente e impacto social e ambiental, custo social e exposição do aplicador, organizados de idêntica forma, respectivamente.

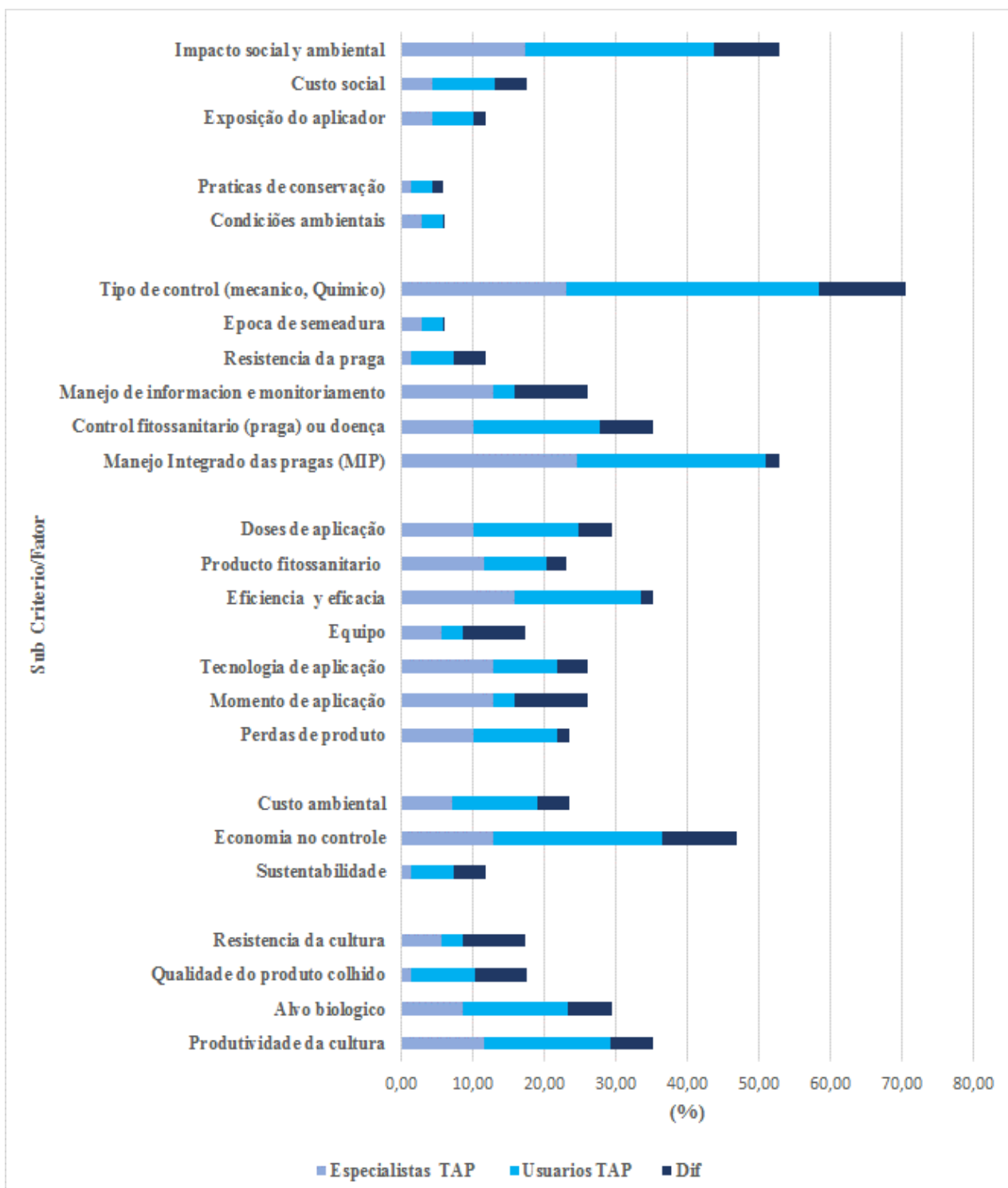


Figura 5 - Respostas dos especialistas e usuários da tecnologia de aplicação sobre qual é o tratamento do controle de pragas mais adequado

Estudos anteriores demonstram que o conhecimento e as decisões dos agricultores sobre o manejo na propriedade são em grande parte influenciada por valores anteriores, crenças e experiências, bem como por um reflexo das necessidades individuais, e as melhores práticas agrícolas nem sempre reconhecidas, conforme apontado por Corselius et al. (2003) e Eckert e Bell, (2005, 2006) apud Wilson (2009).

Por fim, pode-se ressaltar que para ambos os grupos de entrevistados, os subcritérios de maior grau de relevância para a correta definição do melhor tratamento com fitossanitário, organizados de maior a menor importância, são: tipo de controle, impacto social e ambiental, Manejo Integrado de Pragas (MIP) e a economia do controle.

Finalmente, para conseguir acompanhar os resultados da atividade o operador deve ser capaz de responder no momento exato e preciso a mudanças no ambiente e o alvo biológico, durante a aplicação e considerar esses fatores ao avaliar o resultado.

Fatos que indubitavelmente exigem do pessoal responsável das aplicações a análise de um complexo conjunto de variáveis e fatores que na maioria das situações não é capaz de reconhecer ou não tem a capacitação, nem a formação, para interpretar adequadamente estes cenários.

O uso de programas computacionais na tecnologia de aplicação tem-se tornado recentemente uma ferramenta essencial, conjuntamente com a evolução da aplicação dos conceitos e preceitos da agricultura de precisão.

Na maior parte dos casos, os programas servem de aporte informacional ou analítico para a posterior atuação de sistemas baseados na utilização de sensores e controladores eletrônicos.

Existem, porém, casos em que os programas computacionais servem apenas como ferramenta avaliativa da eficiência da aplicação, por meio de análises da cobertura vegetal abrangida durante a prática da pulverização.

Visando analisar e comparar a percepção dos especialistas e usuários da tecnologia de aplicação sobre a possibilidade da adoção e utilização de Sistemas de Informação e Computação para o Planejamento das aplicações de produtos fitossanitários, são apresentados na Figura 6 os resultados das respostas (49 conceitos) obtidas a partir do Questionário fatores de influência em Tecnologia de Aplicação.

E possível inferir que semelhantemente os usuários e especialistas assinalaram com maior interesse os subcritérios/fatores associados a Tecnologia de aplicação e os aspectos propriamente Agrícolas. Eles mencionaram 26 de um total de 49 conceitos para expressar suas

percepções sobre a utilização de sistemas de informação e computação para a gestão das pragas das culturas.

A seguir os critérios Biológico e Informáticos, com uma somatória de 9 conceitos sobre o mesmo total, ficaram em segundo lugar, e finalmente com uma menor quantidade de subcritérios/fatores mencionados estão os critérios Econômicos, Políticos- Sociais e Ambientais, com 4 conceitos associados para cada um deles.

A primeira análise das singularidades observadas nos subcritérios avaliados mostra que o desenvolvimento de sistemas de tomada de decisões computadorizado e sua aplicabilidade e capacitação do usuário na utilização destes sistemas, assim como a rapidez e agilidade para se obter decisões, são aspectos mencionados como importantes pelos entrevistados, no entanto os especialistas mostraram menor interesse que os usuários nestes conceitos.

É importante ressaltar o fato de que, no esquema de pensamento de ambos (usuários e especialistas), prevalece uma importante quantidade de grupos de conceitos (áreas de conhecimentos) que devem ser considerados e indubitavelmente ser constituintes dos sistemas especialistas. Portanto, estariam explicitamente condicionando a viabilidade da utilização destas ferramentas computacionais e informáticas, bem como seu potencial para efetuar adequada interpretação das informações e dados relacionados com os subcritérios/fatores da gestão.

O cálculo dos Custos de aplicação, a possibilidade do Planejamento, a Confiabilidade do modelo e o agro ambiente foram foco de importância para os usuários, mais que para os especialistas, que mencionaram os subcritérios Sistemas de informação e determinação da Eficiência de aplicação como mais importantes.

Os usuários manifestaram significativamente ser propensos a considerar a necessidade do treinamento e formação, além de ressaltar a possibilidade do sistema especialista fazer modelagem e simulações na procura de obter muitas alternativas técnicas de gestão, incluindo práticas preventivas específicas, como a regulagem e calibragem, no que diz respeito às preferências para a gestão.

Contrariamente, parece que na percepção dos especialistas prevalecem os critérios relacionados com as variáveis que deveriam estar inclusas nos modelos especialistas para tomada de decisões, entende-se como os componentes da melhor abordagem integral para o manejo das pragas, embora tivessem identificado vários dos mesmos conhecimentos assinalados pelos usuários.

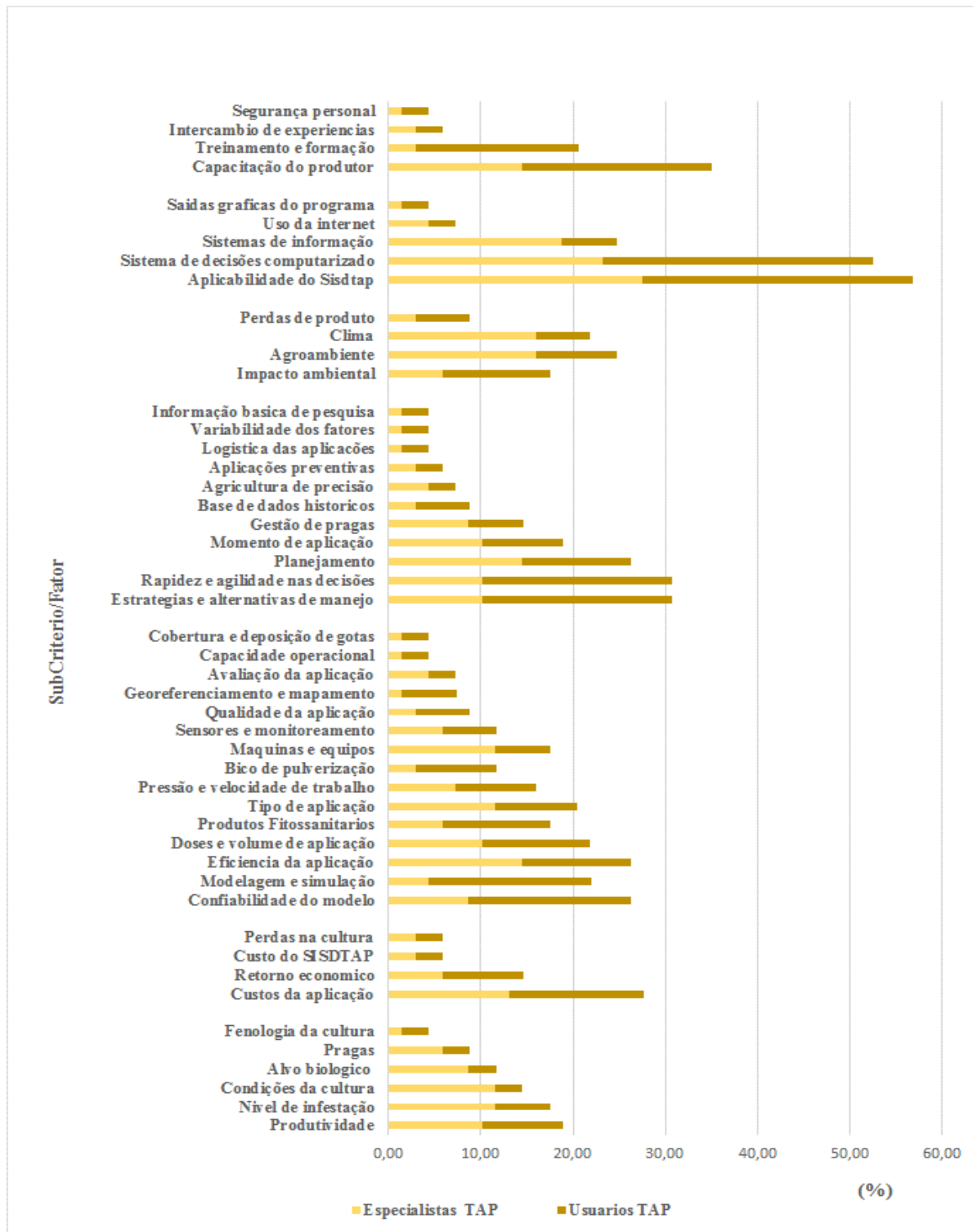


Figura 6 - Sistemas de informação e computação para o planejamento das aplicações de produtos fitossanitários

No entanto, a pesar de pouco mencionados (em percentagem de respostas obtidas) um grupo importante de subcritérios distribuídos na totalidade de áreas ou conjunto de conhecimentos que merecem ser destacados: a Segurança pessoal e o intercâmbio de experiências, as saídas gráficas do modelo especialista, a determinação das perdas do produto, a disponibilidade de informação básica de pesquisa, a variabilidade dos fatores, a logística das aplicações, a possibilidade de considerar aplicações preventivas, a conformação de uma base de dados históricos, a estimativa da cobertura das pulverizações e a capacidade operacional, as possibilidades de georreferenciar e mapear as alternativas, determinar a qualidade da aplicação como as perdas da cultura, e ao final o custo do sistema especialista.

Esses subcritérios constituem um amplo leque de fatores assinalados por ambos os grupos de entrevistados, nos quais os usuários manifestaram maior importância que os especialistas, notando-se a singularidade, de que estes subcritérios estão diretamente relacionados com saídas práticas operacionais e as necessidades manifestadas pelos usuários por obter informação que consideram relevante para a gestão das pragas dos seus campos de cultivo.

Por fim, os especialistas atribuíam maior importância (relativa à frequência de respostas obtidas) aos Subcritérios Uso da internet, os Conhecimentos de agricultura de precisão, avaliação da aplicação, sensores, monitoramento, máquinas e equipamentos, porém expressaram menor grau de importância comparado com o restante já mencionado.

Em síntese, o desenvolvimento de qualquer modelo de tomada de decisão em Tecnologia de Aplicação de fitossanitários envolve um processo complexo, na medida que se necessita da consideração de múltiplas variáveis Biológicas, Ambientais, Técnicas, Agrícolas, Econômicas, Políticas e Sociais, entre outras, que influenciam de forma diferencial os resultados.

É possível ainda afirmar que, quanto mais complexo for o cenário que envolve o processo decisório, relacionado tanto à quantidade como as relações entre as variáveis, mais difícil este último se torna, uma vez que aumenta o número de variáveis a serem analisadas e interpretadas, assim como as relações entre estas variáveis, tomam características nem sempre permitem algum tipo de previsão.

As decisões estão presentes na vida da maioria das pessoas, sendo que os produtores devem tomar decisões diárias também, a diferença é que essas decisões são tomadas em relação a uma agroempresa, afetando as outras pessoas, processos e sistemas. Além disso, devem ser precisas e oportunas.

Os sistemas de apoio à decisão são disponibilizados para ajudá-los na decisão, de forma a ver um quadro completo da situação atual da gestão da lavoura, através da informação, tabelas, relatórios, notas e cenários prospectivos ou simulados das situações sobre as quais deseja aplicar uma solução, com a maior probabilidade e certeza de alcançar o sucesso.

#### **4.4. Projeto e Seleção de Cenários (modelos táticos) para o SISD-TAP**

O Sistema de Apoio a Decisão em Tecnologia de Aplicação de Precisão (SISD-TAP), foi desenvolvido como um programa de análise, aplicação e avaliação, favorecendo a Aplicação Variável de produtos químicos fitossanitários, com máquinas e equipamentos terrestres, baseado nos conceitos de Agricultura de Precisão, a partir do Manejo Sítio Específico (MSE).

Os princípios tecnológicos nos quais a agricultura de precisão ampara-se compreendem todas as técnicas que visam melhorar a eficiência da aplicação, sejam elas computacionais ou referentes a melhorias e avanços nos equipamentos de pulverização agrícola (MOLIN, 2003).

O sistema está concebido, como base, á saídas de três cenários de aplicação (Q<sub>1</sub> Volume de aplicação Produtor, Q<sub>2</sub> Volume de aplicação Biologicamente Eficiente e Q<sub>3</sub> Volume de aplicação Crítica) que incluem alternativas técnicas sustentáveis, desde a concepção de um conjunto de sistemas interativos, baseado em computador, com modelos que descrevem os processos envolvidos na tecnologia de aplicação para o controle de pragas nas lavouras.

O SISD-TAP é projetado para ajudar aos profissionais, técnicos e produtores que historicamente têm uma restrição de acesso a estas tecnologias, tanto pelo custo das mesmas, ou pela exigência do nível de treinamento e a técnica necessária para sua utilização nos computadores.

Usando as informações das bases de dados e modelos, os usuários podem fazer interpretações e análises simples para identificar e resolver problemas comuns no âmbito da gestão de pragas e assim, conseguir tomar decisões adequadas para a produção e ou planejamento de estratégias dentro da gestão das pragas.

Nesse contexto, o SISD-TAP permite também a possibilidade de orientar a implementação de medidas de acompanhamento e controle das atividades relacionadas no tempo e espaço real.

#### 4.4.1. Descrição Geral do SISD-TAP

O programa Sistema de Apoio à Decisão em Tecnologia de Aplicação de Precisão (SISD-TAP) baseia-se nas relações entre: (1) os valores dos fatores climáticos de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento com a deriva e evaporação potencial das pulverizações, na determinação do melhor momento de aplicação, com incrementos na eficiência das aplicações e diminuição das perdas de produto, (2) doses de produto fitossanitário, índice de área foliar da cultura, tamanho de gota e cobertura da pulverização na determinação do volume de aplicação adequada sobre alvos biológicos (pragas e culturas) nos cenários estabelecidos, (3) velocidade de trabalho, volume de aplicação, vazão do ponta em relação ao tamanho da gota e pressão de trabalho para a ótima seleção do modelo de ponta, de acordo ao tipo e forma de ação do produto químico aplicado e condições do alvo biológico por atingir e, (4) capacidade de trabalho, eficiência operacional e de tempo, capacidade do depósito do pulverizador, volume de aplicação, superfície cultivada e rendimento da cultura na estimativa dos custos e a eficiência da aplicação.

A teoria geral, além de determinar o melhor momento e eficiência de aplicação de fitossanitários, para o controle das pragas em culturas, estabelece um conjunto de relações diretas com os fatores de influência que interagem de forma diferenciada, tanto em sua magnitude como em sua intensidade.

Valores orientativos e recomendações de tamanho médio das populações de gotas pulverizadas assim como a cobertura adequada e as condições (referidas ao alvo biológico) sob as quais se conseguem os melhores resultados, são indicadas por uma grande quantidade de pesquisadores, profissionais especialistas na técnica, instituições e empresas relacionadas com a Tecnologia de Aplicação de produtos químicos fitossanitários.

Assim, para um determinado alvo biológico (inseto, planta daninha ou fungo) que potencialmente pode conseguir (aplicações preventivas) ou consegue (aplicações curativas) ultrapassar seu limiar econômico de infestação, em um período fenológico específico da cultura, que define o local (alvo) ou área foliar a ser tratada, requer do produtor de decisões sobre qual deve ser o tipo de controle a utilizar.

Caso a decisão for a utilização de um produto fitossanitário, em seguida deve definir qual



produto, sua forma de ação, a dose e volume de aplicação, os parâmetros operacionais do equipamento selecionado, o momento oportuno para fazer a aplicação, e finalmente avaliar o grau de eficácia do controle, além da eficiência da aplicação e os custos associados ao mesmo.

O processo de tomada de decisões para o sucesso dos controles exigirá, portanto, análise e interpretação precisas de inúmeros fatores, dentro de um complexo conjunto de relações. Contudo, visando facilitar esse processo o SISD-TAP, constituiu-se de uma ferramenta para a determinação das respostas na gestão de pragas, as equações e bases de dados utilizadas para determinar os volumes de aplicação de fitossanitários e suas especificidades técnicas.

Para cada um dos três cenários de análise ( $Q_1$ ,  $Q_2$  e  $Q_3$ ), foram compiladas e baseadas em pesquisas prévias publicadas e representam a melhor estimativa da probabilidade de obtenção de uma resposta econômica e socialmente sustentável, possibilitando ao usuário avaliar e simular distintas opções de manejo, segundo mudam as condições dos fatores de influência considerados.

A área mínima de trabalho no SISD-TAP está definida como “Talhão”, indistintamente sua superfície, considerando-se que está constituído por um conjunto homogêneo de atributos e características, as quais permitiram realizar manejos diferenciados ou não, a respeito de outros pertencentes a um sistema produtivo. Assinala Balastreire e Esquerdo (2003) que o gerenciamento localizado das culturas, baseado nos princípios da agricultura de precisão é uma das alternativas que vem sendo propostas para a redução no uso de defensivos agrícolas no Brasil.

Uma vez que o usuário define o Talhão, a seguir deve fornecer ao sistema as informações referentes a: superfície do talhão, a cultura dentro das opções: milho, soja e batata (únicos cultivos com base de dados inclusos nesta primeira versão de SISD-TAP), indicar o estágio fenológico da cultura expresso em dias depois da semeadura (DDS) e finalmente a produtividade estimada da cultura, além do preço do produto colhido.

Logo deve selecionar o tipo de praga que deseja controlar (auxiliando-se na base de dados de pragas (plantas daninhas, insetos ou doenças) para as culturas mencionadas e sua localização (alvo biológico) dentro do dossel vegetal.

Posteriormente, o Usuário deve indicar qual o produto químico, a doses do produto que deseja aplicar, auxiliando-se da base de dados de agroquímicos disponibilizada por cultura e tipo de praga, a qual foi obtida a partir do sistema AGROFIT MAPA (2013). Finalmente deve informar preço do produto químico selecionado.

As informações referentes às máquinas e equipamentos (capacidade do depósito dos

pulverizadores, potência do motor, preços de aquisição, velocidade de trabalho, largura da barra de aplicação, número de pontas, entre outros) são solicitadas e vinculadas ao Talhão, junto com as informações relacionadas com índices e variáveis da capacidade operacional, eficiência de trabalho de máquinas e custos associados às máquinas, sendo que esses passam a constituir as bases de dados denominada “Máquinas” dentro do programa.

As condições climáticas para o planejamento são logo solicitadas, como a temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento, na qual o programa auxilia ao usuário para a seleção desta informação com o *display* da Figura 7, ANDEF (2010), adaptado do BCPC (1986) e HARDI (1993).

Velocidade do ar aproximadamente na altura do bico	Descrição	Sinais visíveis	Pulverização	
Menos que 2 km/h	Calmo		Fumaça sobe verticalmente.	Pulverização não recomendável
2,0 - 3,2 km/h	Quase calmo		A fumaça é inclinada.	Pulverização não recomendável
3,2 - 6,5 km/h	Brisa leve		As folhas oscilam. Sente-se o vento na face.	Ideal para pulverização
6,5 - 9,6 km/h	Vento leve		Folhas e ramos finos em constante movimento.	Evitar pulverização de herbicidas
9,6 - 14,5 km/h	Vento moderado		Movimento de galhos. Poeira e pedaços de papel são levantados.	Impróprio para pulverização

Figura 7 - Guia básica da velocidade do vento baseado na observação de sinais visíveis

Fonte: ANDEF (2004); adaptado de BCPC (1986) e HARDI (1993)

Concluída a primeira fase do processo com o carregamento das informações básicas que vão constituir as bases dos dados dinâmicos, associada ao “Talhão” e “Máquinas” do SISD-TAP, o modelo inicia a aplicação das equações matemáticas selecionadas. Em seguida, usa as distintas funções e algoritmos para calcular os parâmetros das saídas nos modelos táticos (cenários desenvolvidos).

Visando facilitar a descrição do SISD-TAP, na Figura 8, apresenta-se um diagrama que sintetiza os fluxos de processo e as variáveis utilizadas no sistema. O fluxograma integral do SISD-TAP é apresentado no Apêndice B.

Em geral o SISD-TAP é constituído por três conjuntos básicos de algoritmos, cinco bases de dados dinâmicos, e um conjunto de regras de decisão que possibilitam efetuar um conjunto complexo de cálculos matemáticos inter-relacionados com o objetivo de apresentar ao usuário de múltiplas saídas ou cenários táticos-técnicos nos aspectos associados a tecnologia de aplicação de fitossanitários baseado nas condições e características particulares da unidade de produção informadas pelo usuário.

Uma característica específica do SISD-TAP é centrada na seleção dos parâmetros operacionais para cada cenário projetado baseado em informações reais de trabalho, incluindo as pontas de pulverização de uso comum pelos produtores, assim o sistema consegue fazer simulações muito próximas de custos e eficiência de aplicação, porém não pode ser definido como um programa especialista para modelagem das aplicações, dada algumas simplificações em os algoritmos que impossibilitam conhecer exatamente o comportamento de variáveis que são estimadas nos algoritmos desenvolvidos.

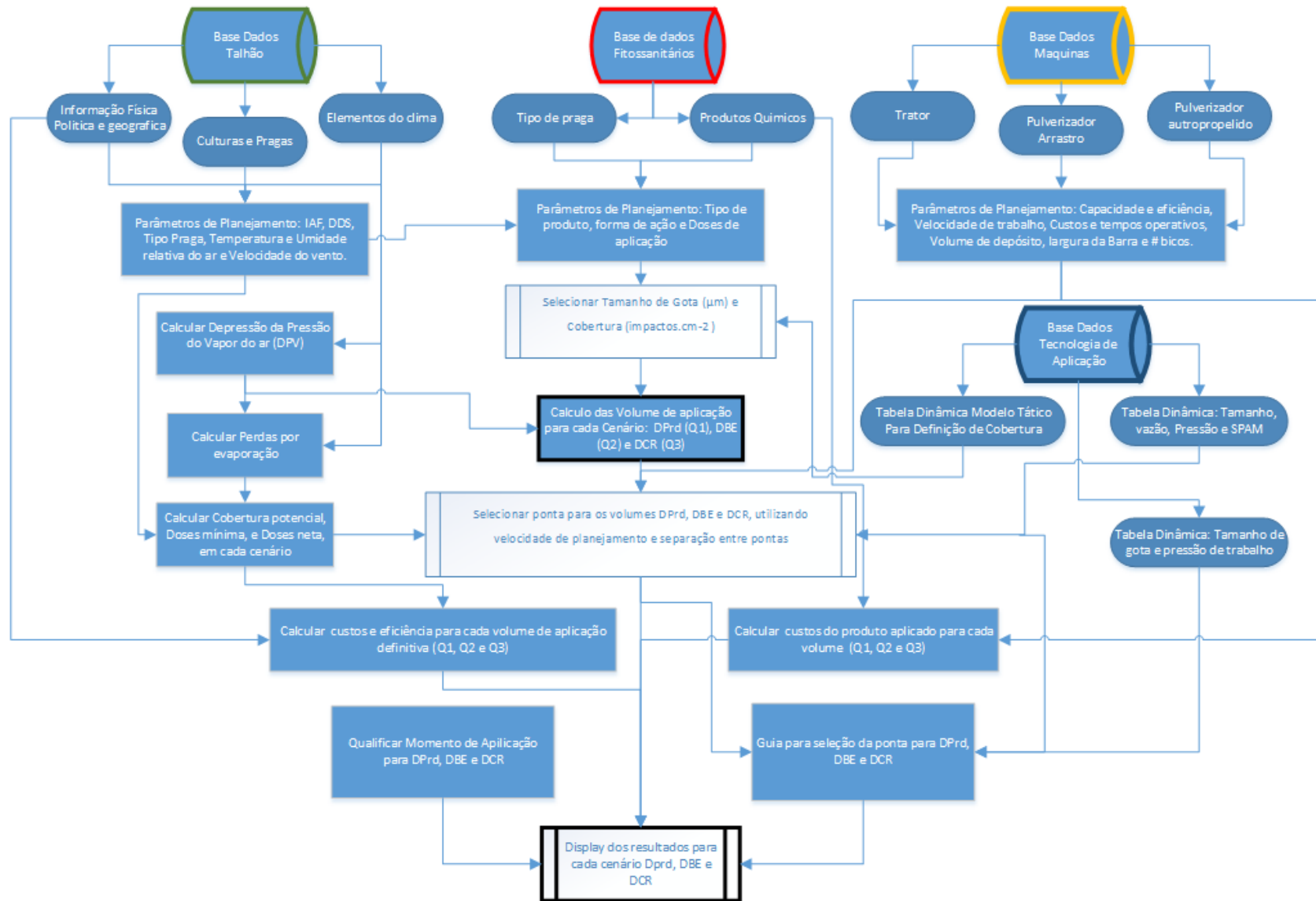


Figura 8 - Fluxograma (síntese) SISD-TAP

#### 4.4.2. Definição dos Cenários do modelo

A tendência das últimas décadas tem a ver com volumes reduzidos de aplicação e com isso reduzir os custos e tempos da aplicação, como assinalam coincidentemente Bode (1988); Vieri (1992); Alday e Barrufet (1992); Gil (1993); Carrero (1996); Marquez (1995, 1998) e Asman, Jorgensen e Jensen (2003). Estes autores salientam que isto só é possível se a seleção do tamanho de gota apropriado é efetuada baseada no objetivo de aumentar a proporção de líquido pulverizado sobre o alvo. Conclui-se que um sistema de pulverização que produz uma maior igualdade entre as gotas vai impedir obter poucas gotas grandes, que aproveitam grande quantidade de produto na pulverização realizada. Por isso, a formação de populações de gotas de diâmetro controlado é a característica chave para trabalhar com pequenos volumes de líquido por hectare.

Não obstante a importância de definir o tamanho das gotas de pulverização, esses autores concordam para enfatizar a importância de definir a dose por unidade de área da planta, bem como a dose por área cultivada. Obviamente as recomendações para o volume de aplicação assumem um líquido de pulverização uniforme (gotas de igual tamanho) para conhecer a distribuição de densidade de gotas necessárias. Porém, se a distribuição não é uniforme o volume pode ser aumentado, mas com um aumento de volume não necessariamente resultaria em melhor cobertura, como indicado acima.

As equações utilizadas para determinar o Volume de Aplicação (DPrd, DBE e DCR) foram consideradas com base nesses estudos e representam a melhor estimativa da probabilidade de obtenção de uma dada resposta em termos de eficiência em concordância às análises dos fatores de influência em Tecnologia de Aplicação de Fitossanitários, realizados em itens anteriores, para o qual foram definidos os seguintes cenários de aplicação:

**Cenário Normalizado:** refere-se às condições de aplicação informadas pelo usuário, representa o cenário mais próximo das características usuais dos controles realizados pelo produtor em sua propriedade rural, no qual é selecionado o tamanho médio volumétrico da gota, baseado nas recomendações usuais encontradas na literatura para o alvo a atingir. No SISD-TAP, é identificado, indistintamente como **Volume de aplicação Produtor (DPrd) ou Q<sub>1</sub>**.

**Cenário Biologicamente Eficiente:** refere-se às condições nas quais é calculado o tamanho de gota Biologicamente Eficiente, porquanto representa a gota com tamanho médio volumétrico

ótimo, para alcançar uma frequência de cobertura suficiente para o controle dado, que se corresponde com as características do produto e o alvo a atingir. No SISD-TAP é identificado, indistintamente como **Volume de aplicação Biologicamente Eficiente (DBE) ou Q<sub>2</sub>**.

**Cenário Clima/Alvo:** refere-se às condições ambientais predominantes para o planejamento das aplicações, no qual é determinado o diâmetro médio volumétrico das gotas pulverizadas considerando o potencial deriva e de evaporação das gotas por influência da umidade relativa e temperatura do ar e a cobertura requerida no alvo para realizar o controle. No SISD-TAP é identificado, indistintamente como **Volume de aplicação Crítica (DCR) ou Q<sub>3</sub>**.

O SISD-TAP inicia os processos de cálculo dos volumes a partir da Seleção do tamanho de gota (VMD, em  $\mu\text{m}$ ) e cobertura (Impactos. $\text{cm}^{-2}$ ) de planejamento, baseado na praga selecionada e no produto informado pelo usuário. Assim, utiliza um algoritmo de decisão (Figura 9) baseado nas recomendações práticas usuais mencionadas por CIBA-GEIGY (1985); Etiennot (1993); HARDI (1993); Carrero (1996); Márquez (1998); Silva (2005); ANDEF (2010) e Fernandes (2012). Na Tabela 5, pode-se observar as relações entre essas variáveis.

Tabela 5 - Modelo de Seleção do Diâmetro Médio Volumétrico de gota (VMD) expresso em  $\mu\text{m}$  e Cobertura de gota, em  $\text{Imp.cm}^{-2}$  para tipo de produto químico fitossanitário aplicado

Produto	Tamanho de gota VMD ( $\mu\text{m}$ )		Cobertura ( $\text{Imp.cm}^{-2}$ )	
	VMD	cc	$\text{Imp.cm}^{-2}$	cc
<b>Herbicida</b>	150-600	<b>375</b>	20-40	<b>30</b>
Pre-emergência	300-400	<b>350</b>	20-30	<b>25</b>
Plântula	150-250	<b>200</b>	30-40	<b>35</b>
Planta (contato)	150-250	<b>175</b>	30-60	<b>45</b>
Planta (sistêmico)	200-250	<b>225</b>	20-40	<b>30</b>
<b>Inseticida</b>	200-350	<b>275</b>	20-50	<b>35</b>
Contato	100-200	<b>150</b>	40-50	<b>45</b>
Sistêmico	200-300	<b>250</b>	30-50	<b>30</b>
<b>Fungicida</b>	150-250	<b>200</b>	30-70	<b>50</b>
Contato	100-200	<b>150</b>	50-70	<b>60</b>
Sistêmico	200-250	<b>225</b>	20-50	<b>35</b>

cc = centro de classe.

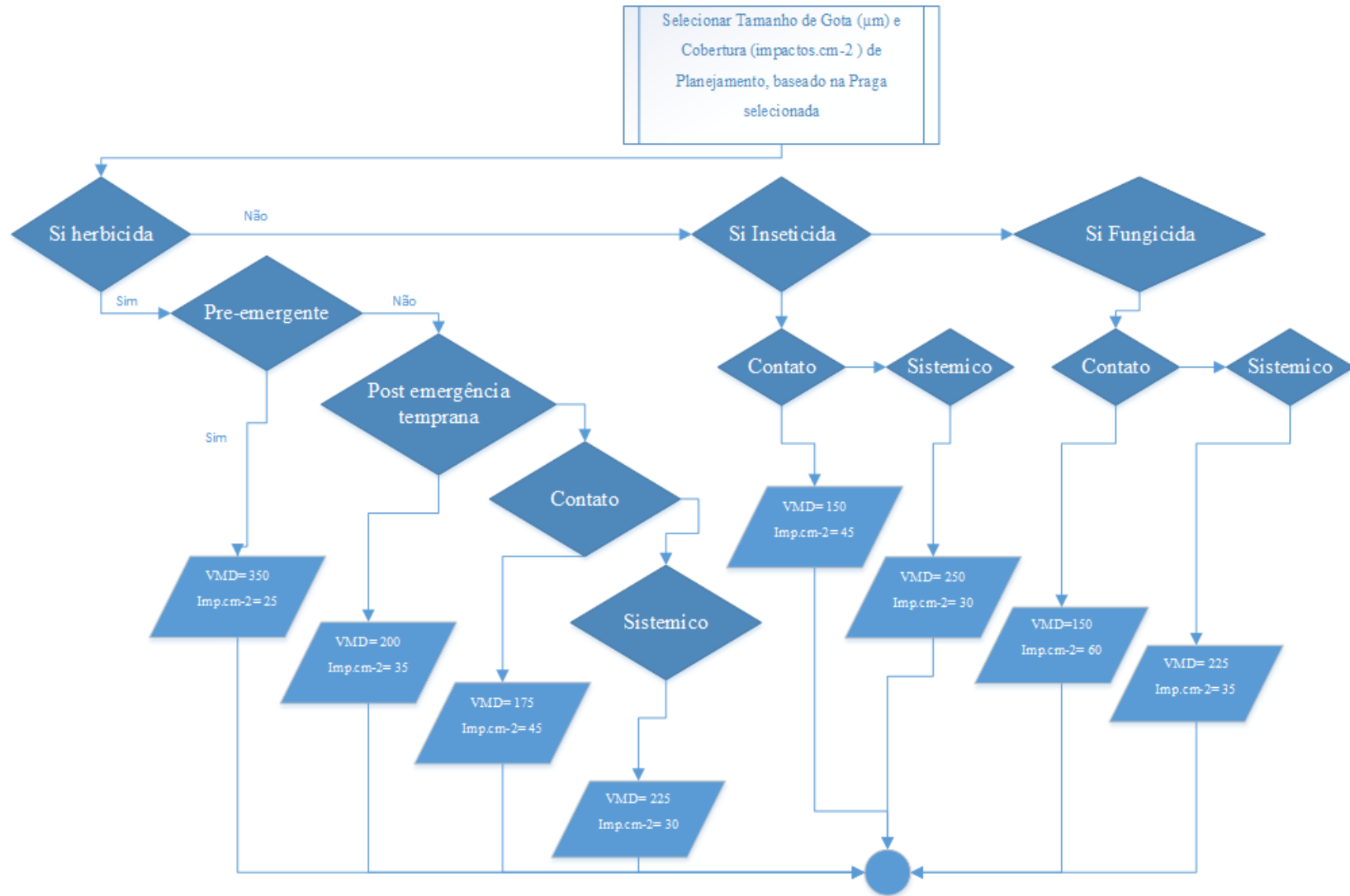


Figura 9 - Algoritmo para a seleção de tamanho gota (VMD) e cobertura ( $\text{Imp.cm}^{-2}$ )

Uma vez realizada a seleção dos parâmetros para o planejamento (VMD e Cobertura), o sistema efetua um algoritmo de controle do escopo para a seleção estabelecida pelo Usuário e procede na comparação dos resultados com os parâmetros de cálculo visando obter a otimização destes, baseado na classificação da cobertura esperada como uma função de duas condições de aplicação: cobertura parcial ou para molhamento total, ambas assinaladas por Carrero (1996) e Márquez (1998), sendo adaptadas e complementadas para melhorar o desempenho do modelo de decisão, sendo estas classificações apresentadas no Quadro 4.

Salienta-se a utilização das classificações das aplicações baseado nos volumes pulverizados e a classificação do tamanho médio das gotas (VMD) mencionadas por Matthews (1992) e BCPC (1986), respectivamente.

Critério	Classificação por Cobertura	
	Cobertura parcial	Molhamento
<b>Volume (L.ha<sup>-1</sup>)</b>	médio-baixo	médio-alto
<b>Tamanho gota VMD (µm)</b>	150 ≤ X ≤ 300	300 ≥ X ≥ 600
<b>Cobertura (Imp.cm<sup>-2</sup>)</b>	35-70	15-35
<b>Produto</b>	Contato (fungicidas, inseticidas e alguns herbicidas)	Sistêmicos e fisiológicos
<b>Praga</b>	Inseto-fungo-doença-alguns plantas daninhas	Plantas daninhas-doenças-alguns fungos
<b>Momento</b>	A Temp. ar 20-26°C Ur ar 60-70% UR Vv ≤ 5m/s	B Temp. ar 26-30°C Ur 50-60% Vv ≤ 6m/s
<b>Alvo/posição</b>	Cobrimento total	Terço superior- médio folhas
<b>Ponta</b>	duplo leque-cone, com assistência do ar	leque-duplo leque-defletor
<b>SPAM</b>	2,5- 5,0	1,5-3,5

SPAM: coeficiente de heterogeneidade da pulverização (relação entre VMD e NMD), segundo Márquez (2008).

#### Quadro 4 - Modelo Tático para definição da cobertura

Márquez (2008), ao indicar que o produto fitossanitário a ser utilizado para uma aplicação específica orienta que este deve ser diluído, geralmente em água, antes de iniciar o trabalho. Sempre devem utilizar-se as quantidades de produto comercial mencionado no rótulo, dependendo do tipo de tratamento e do estado de cultura. Portanto, a quantidade de diluente pode ser variável, mas há



limites, mínimo e máximo recomendados que não devem ser excedidos e que estão geralmente relacionados com o desenvolvimento do dossel da área tratada e do tipo de cobertura.

O volume mínimo por hectare tratado poderia ser adotado na condição de baixa deriva (baixa temperatura, alta umidade, pouco vento e tamanho de gota uniforme). No entanto, o volume máximo é reservado como uma variável de ajuste quando a deriva não pode ser controlada por causa da exigência de um nível de cobertura que não pode ser obtido para essas condições climáticas (LEIVA, 1996).

O SIDTAP calcula os volumes de aplicação em cada cenário. O volume de aplicação para atingir uma cobertura adequada deve ser calculado assumindo que todas as gotas de pulverização são iguais. Portanto, pode-se calcular o número de gotas que se consegue a partir de um litro de produto líquido, usando a seguinte equação Eq.1:

$$n = \frac{1.9 \times 10^{15}}{d^3} ; \quad (1)$$

Onde:

$n$  = Número de gotas por litro de produto

$d$  = Diâmetro volumétrico médio em  $\mu\text{m}$

O número mínimo de gotículas por hectare, [ $\text{Imp.cm}^{-2}$ ], necessário para a eficácia do controle uma cobertura  $n$ , pode ser calculado com a Eq. 2:

$$N = 10^8 \times \text{cobertura (imp} \times \text{cm}^{-2}) \quad (2)$$

E o volume de aplicação é determinado pela Eq. 3:

$$\text{Volume (l.ha}^{-1}) = N / n ; \quad (3)$$

Em resumo, a Volume mínimo de pulverização por hectare foi calculada com a Eq. 4:

$$D = \frac{d^3 \times I}{1,9 \times 10^7} ; \quad (4)$$

Onde:

$D$  = Volume mínimo ( $\text{l.ha}^{-1}$ )

$d^3$  = diâmetro gota ( $\mu\text{m}$ )

$I$  = número de Impactos. $\text{cm}^{-2}$

Quando a superfície tratada deve ser maior do que a área ocupada pela cultura, é preciso ajustar o valor obtido pelo índice de área foliar (IAF). Em consequência da variabilidade dimensional das gotas pulverizadas, para determinar o volume real de líquido aplicado o modelo usa um fator multiplicador, sendo maior quanto menor for a homogeneidade da pulverização e dependendo do valor do SPAM característico do ponta de pulverização, sendo afetado diretamente pelos valores da pressão de trabalho utilizada na aplicação.

O modelo igualmente realiza um ajuste do volume calculado a partir do fator F (v/a), o qual é determinado pela localização do alvo dentro do dossel vegetal. Os valores são apresentados no Quadro 5.

Localização dentro do dossel (alvo)		F v/a
<b>todo el dossel</b>	h/total	<b>1</b>
<b>terço sup.</b>	1/3 sup.	<b>0,33</b>
<b>terço médio</b>	1/3 médio	<b>0,33-0,66</b>
<b>terço inf.</b>	1/3 inf.	<b>1,33</b>
<b>dois terço sup.</b>	2/3 sup.	<b>0,66</b>
<b>dois terço inf.</b>	2/3 sup.	<b>0,87</b>

Quadro 5 - Valores referências para o Índice F (v/a)

Leiva (1996) ressalta que gotas pequenas contribuem para melhorar a cobertura, oferecendo a vantagem de uma melhor penetração dentro do dossel da cultura, além de ter a possibilidade de alcançar a parte inferior das folhas, talos, etc. Porém sua principal desvantagem é que por seu peso mais baixo são mais propensas a ser transportadas pelo vento (deriva) e sua alta superfície exposta, com relação ao volume, pode sofrer intensa evaporação antes de se depositar no alvo.

Para determinar o volume de aplicação do Cenário Clima/Alvo (DCR), determina-se, por ajuste, o tamanho de gota médio ideal, que possibilita um menor risco de deriva e evaporação do líquido pulverizado. É estimada a percentagem de gotas menores que 100 micrometros (%DV100), que são as gotas com maior susceptibilidade a perder-se pelo efeito das condições de vento e temperatura do ar e, depende do tamanho volumétrico médio (VMD) e da heterogeneidade da população de gotas pulverizadas (SPAM).

Em seguida é calculada a Déficit da Pressão de Vapor do Ar (DPV) que permite estimar o potencial de perdas por evaporação das gotas de uma pulverização. Valores da capacidade evaporativa do ar em relação a DPV foram apresentados por Sasaki et al. (2012) no Quadro 6.

<b>Déficits da pressão de vapor</b>	
<b>Capacidade evaporativa do ar</b>	<b>DPV (hPa)</b>
baixa	$\leq 10$
media	$10 < X \leq 20$
alta	$20 < X \leq 30$
Muito alta	$> 30$

Fonte: SASAKI et al. (2012).

Quadro 6 - Classificação da capacidade evaporativa do ar baseado na DPV (hPa)

Uma vez que o SISD-TAP calcula os valores da DPrd ( $Q_1$ ), DBE ( $Q_2$ ) e DCR ( $Q_3$ ) processa as informações de velocidade de trabalho teórica, largura da barra e número de pontas as quais estão relacionadas ao equipamento selecionado pelo Usuário (essas informações estão disponibilizadas na base de dados das Máquinas), para calcular a vazão requerida e para selecionar a ponta mais adequada para o volume determinado em cada cenário, utilizando a equação Eq. 5:

$$D = \frac{q \times 600}{am \times V}, \text{ onde} \quad (5)$$

$D$  = Volume de aplicação em L . ha<sup>-1</sup>

$am$  = Largura de molhado em m

$V$  = Velocidade de operação em (km.h<sup>-1</sup>)

$Q$  = Vazão do ponta em (L. min<sup>-1</sup>)

A partir dos valores do volume ( $Q_1$ ,  $Q_2$  e  $Q_3$ ) calculados, o algoritmo de seleção das pontas (Figura 10), determina qual seria a vazão do ponta para alcançar essas volume na velocidade teórica estabelecida. Conseqüentemente, um algoritmo permite otimizar a seleção do ponta ao conseguir definir a vazão mais próxima aos dados de origem calculados (em todos os cenários).

Assim determina-se a pressão de trabalho e ponta correspondente, com os volumes calculados (Ver Apêndice C Tabela Dinâmica de Pontas).

Visando uma fácil compreensão por parte dos Usuários, o modelo informa graficamente a partir do Código de cores para as pontas, em função a vazão produzida, segundo a Norma ISO 10625. (Quadro 7).

<b>Código da Cor</b>	<b>Vazão (L.min<sup>-2</sup>)</b>	<b>min</b>	<b>max</b>
Laranja	0,4	0,38	0,42
Verde	0,6	0,57	0,63
Amarelo	0,8	0,76	0,84
Azul	1,2	1,14	1,26
Vermelho	1,6	1,52	1,68
Marrom	2	1,90	2,10
Cinza	2,4	2,28	2,52
Branco	3,2	3,04	3,36

Fonte: ISO 10625, (1999).

Quadro 7 - Classificação da Vazão das pontas (pressão de trabalho de 3 Bar) baseado no Código de cores

Uma vez finalizado o processo de seleção do ponta, o modelo ajusta os valores dos volumes DP<sub>rd</sub>, DBE e DCR, com o dado de vazão para a pressão escolhida, assim, se obtém os valores finais ajustados das doses para cada cenário. Logo depois esses dados são armazenados e o SISD-TAP apresenta estas saídas operacionais (volume, VMD, pressão, cor da ponta, velocidade de trabalho e separação de pontas na barra de aplicação) em forma gráfica ou com tabelas dinâmicas, permitindo a impressão de um relatório dos resultados alcançados.

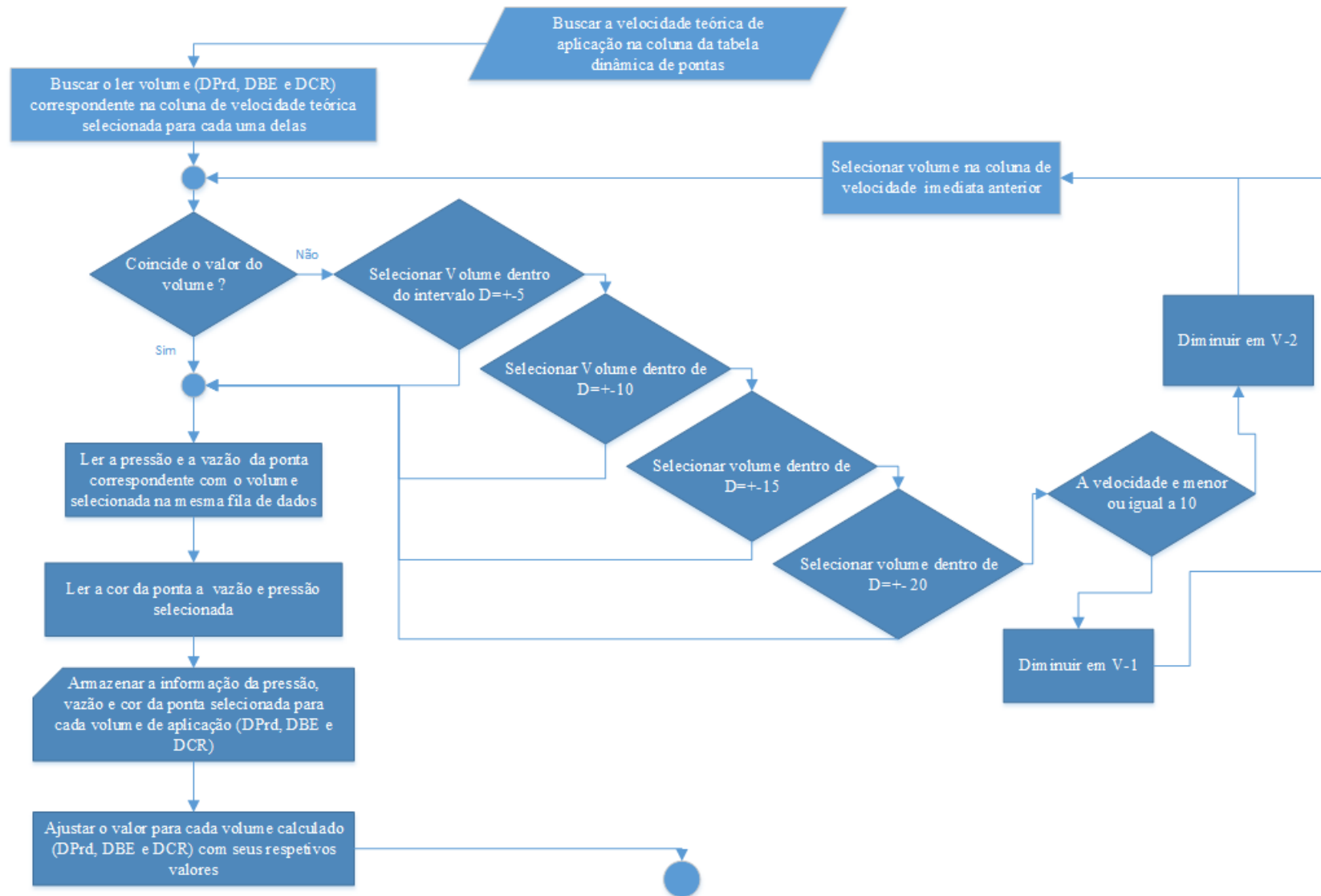


Figura 10 - Algoritmo de Seleção da ponta de pulverização

#### 4.4.3. Modelos de Custo da Aplicação.

Nos últimos anos, aumentou significativamente a preocupação com a sustentabilidade agrícola. Assim, certos atores do campo agrônômico começam a perceber que existem técnicas de produção, sistemas de preparo do solo, rotação de culturas, ou usar níveis de insumos que podem gerar grandes benefícios econômicos a curto prazo, mas, por sua vez podem envolver danos aos recursos naturais a longo prazo (MÁRQUEZ, 2011).

Aproveitando os dados fornecidos por ASAE D230-4 (1984), Lima (2004), Knob (2006), Ereno (2008), Veiga e Antunassi (2008); Dornelles (2008); Schlosser (2011) e Casali (2012), tomando diferentes níveis tecnológicos de aplicação de agrotóxicos (aplicação convencional com equipamento de arrasto e com equipamento autopropelido), assim como informações de capacidade e eficiência de trabalho para ambas situações, foi possível estruturar uma base de dados dinâmica que possibilita atualizar e calcular índices gerais e específicos das variáveis operacionais e os custos de operação de distintas unidades mecanizadas disponibilizadas no mercado brasileiro de máquinas agrícolas.

O SISDT-TAP utiliza para a determinação da capacidade operacional (teórica e efetiva) e os componentes da eficiência de operação as metodologias e equações descritas e validadas por Mialhe (1974); Schlosser (1998), Dávila (2005) e Veiga e Antunassi (2008).

Utilizando as informações relacionadas à superfície do talhão, a produtividade estimada da cultura e as informações relacionadas ao equipamento de aplicação selecionado pelo Usuário, um algoritmo de custos e eficiência de trabalho (Apêndice E) calcula o conjunto de variáveis relacionadas com a determinação dos custos de aplicação, entre estas: volume de aplicação, quantidade de recargas do pulverizador, tempo de recargas, tempos totais de aplicação, e componentes do custo médio (de máquinas, por área, por produtividade, por quantidade de produto aplicado e finalmente o valor correspondente ao custo total da aplicação simulada, nos três cenários definidos.

As saídas relacionadas a estes aspectos são apresentadas, para melhor compreensão e interpretação, em uma única tabela de resultados do programa.

O SISD-TAP armazena as informações dessas saídas e possibilita a impressão de um relatório com os resultados obtidos.

#### 4.4.4. Modelo para estimar a Eficiência de Aplicação.

A fixação pouco exata do alvo leva invariavelmente à perda de grandes proporções do líquido pulverizado, pois o produto é também aplicado sobre partes que não têm relação direta com o controle. Por exemplo, em média, 30% do produto aplicado visando às folhas, atingem o solo pelas características técnicas da aplicação, a qual é efetuada verticalmente e com sentido positivo ao solo (ADE, 1992).

Alday e Barrufet (1993) e Salyani (2000) obtiveram deposições com eficiência de 20-25%, com pulverizadores pneumáticos, em condições de clima temperado. Gil (1993); Zheng et al. (2000) e Asman et al. (2003) mencionaram que quanto menores forem as gotas produzidas durante o tratamento, e mais adversas as condições ambientais é maior a proporção disponível do produto a ser afastada do alvo.

Complementam os autores ao assinalar a possibilidade de que as referidas gotas passem por processos de evaporação em função do seu tamanho médio, o que conduziria a aumentar o potencial de deriva da mesma, devido à diminuição do tamanho médio das gotas.

A deposição e retenção do líquido pulverizado (calda) no alvo é consequência de muitos fatores, incluindo as interações dinâmicas na formulação, tamanho de gotas e seu comportamento durante o processo e posterior impacto na zona objetivo definida dentro do dossel. As propriedades físicas da gota, a morfologia das folhas e a arquitetura da planta podem ser estudadas e modeladas, ainda que sejam muito complexas, devido às interações que ocorrem na dinâmica da pulverização (VILLALBA e HETZ, 2010).

Salientam os autores que modelos simples foram desenvolvidos para explicar as deposições das pulverizações realizadas em cereais e frutas, ainda que com poucos parâmetros, permitindo o cálculo da captura das gotas pelo dossel como uma expressão simples exponencial, incluindo um coeficiente do fitossanitário, o índice de área foliar e a altura das plantas.

No SISD-TAP, a eficiência da aplicação é calculada aplicando um balanço do líquido pulverizado (VIERI, 1992; ALDAY e BARRUFET, 1993; GIL, 1993), calculado como uma função somatória entre as perdas de produto, devido ao processo de deriva e evaporação de uma fração das gotas de líquido produzidas, e a quantidade de produto que, em teoria, ficariam depositadas na área alvo, dentro do dossel da cultura.

O procedimento metodológico considera o cálculo estimado das quantidades de líquido entregues e recolhidos no dossel, a determinação das perdas potenciais por deriva e a estimativa das perdas potenciais por evaporação do líquido pulverizado, para determinar volume líquido capturado em cada cenário, assim como a estimativa da eficiência de aplicação alcançada nestes.

O algoritmo de eficiência de aplicação (Figura 11a e 11b) tem a limitação de não considerar as perdas por escoamento do líquido fora do alvo, no nível do solo. Portanto, os resultados de eficiência apresentados usualmente serão maiores aos esperados em condições reais de campo. Porém pode ser utilizado como informação valiosa na interpretação e comparação entre os três cenários de aplicação mostrados no SISD-TAP.

O modelo matemático dentro do algoritmo para determinação da eficiência de aplicação (Figuras 4 e 5) que calcula os efeitos da deriva utiliza as expressões apresentadas por Ozkan (1998) e Southcombe et al. (2005).

A quantificação do volume potencialmente perdido pela evaporação é calculada aplicando a equação indicada por Matthews (1992), a partir da determinação da percentagem de perda provável por evaporação do líquido pulverizado, sendo condicionada pelo tamanho da gota formada, a cobertura esperada e as condições de umidade relativa e temperatura do ar nas quais são realizadas as aplicações.

Ressalta-se que os volumes mínimos requeridos para  $Q_1$ ,  $Q_2$  e  $Q_3$  (cenários do SISD-TAP) são calculados para um tamanho de gota e cobertura ( $\text{Imp.cm}^{-2}$ ) e as perdas estimadas são determinadas, tanto pelo tamanho de gota, número de impactos por  $\text{cm}^2$ , índice de área foliar (IAF) da cultura e o coeficiente de heterogeneidade (SPAM) da pulverização, o qual é influenciado tanto pela pressão de trabalho como pelo tamanho da ponta selecionada.

Os valores da eficiência de aplicação calculados para cada um dos cenários ( $Q_1$ ,  $Q_2$  e  $Q_3$ ), são finalmente apresentados junto com as informações de custo em uma tabela resumo, sendo igualmente armazenados, além de ser disponibilizada para impressão.



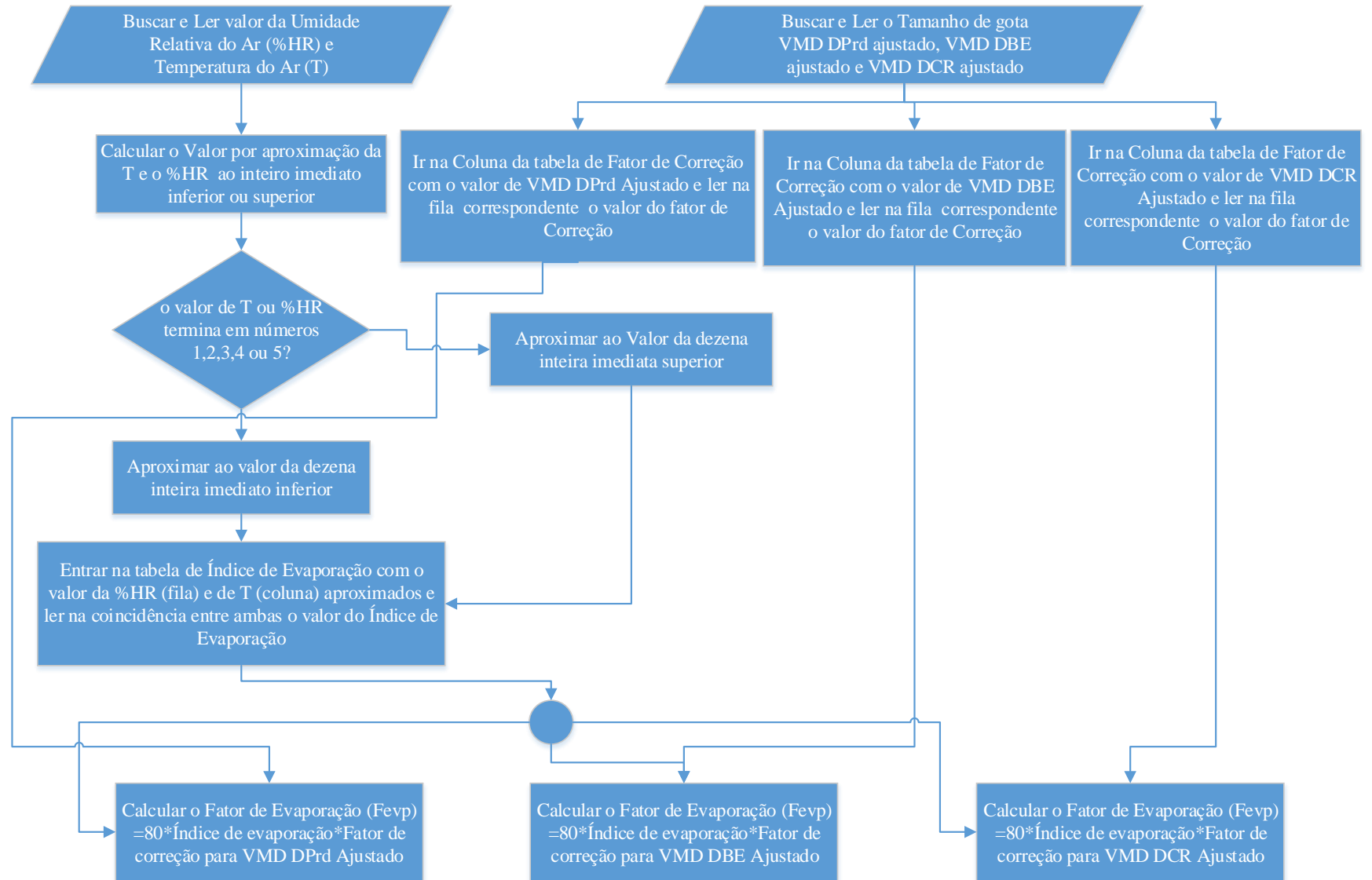


Figura 11a - Algoritmo eficiência de aplicação

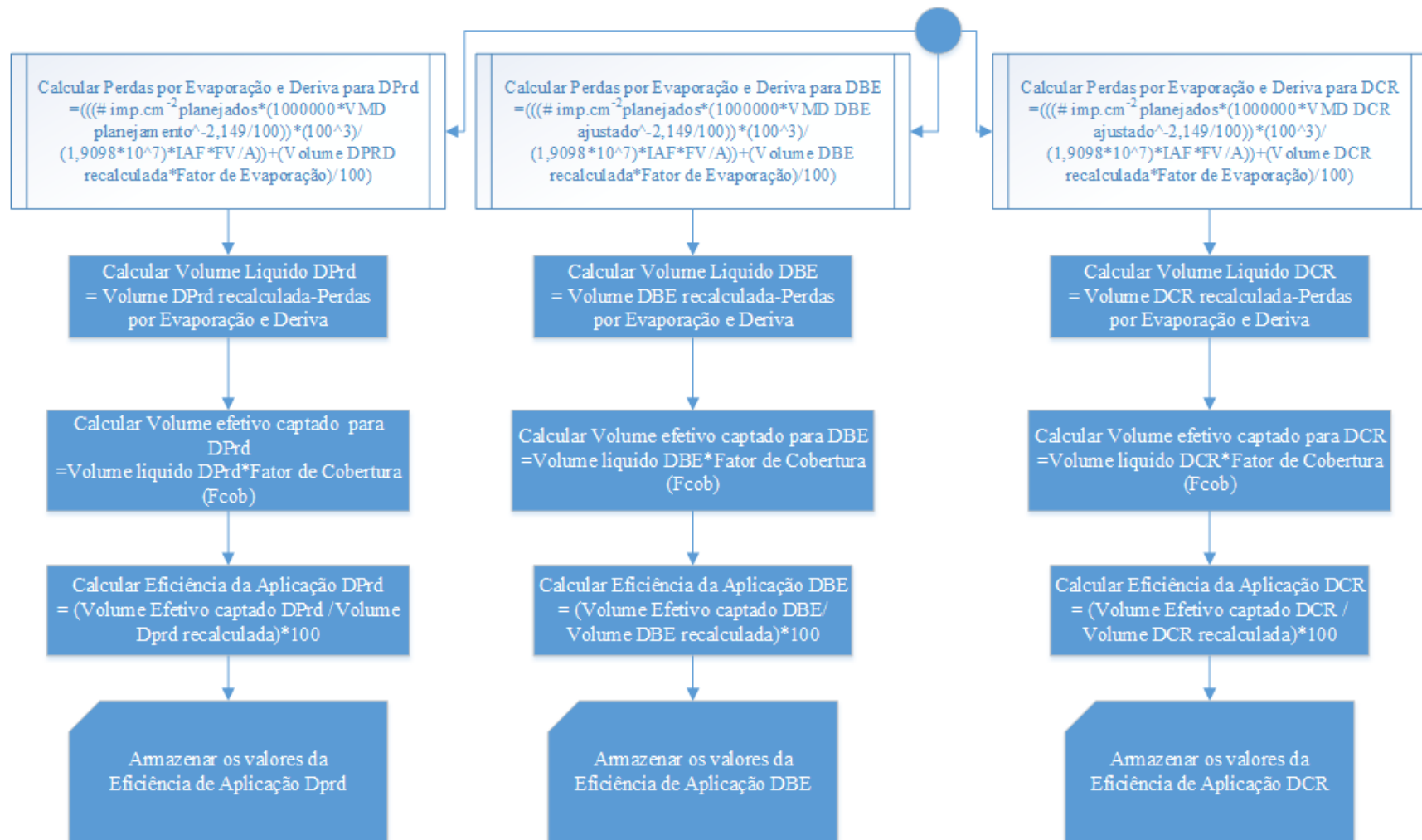


Figura 11b - Algoritmo eficiência de aplicação

#### 4.4.5. - Guia para a Seleção de pontas

A adequada seleção das pontas é essencial na aplicação de produtos químicos fitossanitários, sendo considerado como um dos fatores de maior influência e determinante nas quantidades de volume de calda aplicadas, por unidade de área-alvo, que é necessário atingir, assim como na uniformidade na distribuição da aplicação, na cobertura obtida e no risco potencial de perdas por deriva e evaporação do líquido pulverizado.

Salientam Cunha et al. (2004) que o conhecimento das condições de trabalho e, principalmente, do desempenho das pontas de pulverização são elementos básicos para uma aplicação adequada, pois influenciam diretamente na qualidade e segurança da aplicação.

O serviço de extensão da PENN STATE (2013) ressalta que a ponta de pulverização é um dispositivo de engenharia de alta precisão que gera gotas de um determinado tamanho médio e vazão de líquido, a uma pressão específica e com um padrão de distribuição de pulverização preestabelecido, tal como um pulverizador de jato plano, cone ou defletor.

Se o ponta estiver danificado ou desgastado, o tamanho médio das gotas produzidas é alterado criando muito mais gotas grossas, e o padrão de distribuição de pulverização é modificado de modo que a uniformidade de pulverização ao longo da faixa molhada é reduzida.

Complementam Cunha et al. (2003) ao assinalar que no mercado existem uma série de pontas hidráulicas, de vários tipos e usos definidos, para diferentes e específicas condições. Dentre os mais usados, destacam-se os de jato plano que, dependendo das características de pressão e ângulo de abertura, podem apresentar alto risco de deriva. Os fabricantes, no entanto, têm lançado recentemente no mercado novas pontas, com grande potencial antideriva. Tratam-se de pontas de pulverização dotadas de um pré-orifício, localizado antes da abertura para a formação do jato, que possibilita a formação de gotas de maior diâmetro.

Com o aumento do número de produtos químicos de proteção das culturas, o aplicador deve ser capaz de selecionar um ponta que seja apropriado, não só para ao tipo de ação química (contato ou sistêmica), mas também para a taxa de aplicação. Além disso, as condições ambientais, tais como vento e umidade relativa do ar afetam o potencial de deriva de pulverização, e isso deve ser considerado na escolha de ponta apropriado (PENN STATE Extension, 2013).

A BCPC (1986) e ASABE (1999) desenvolveram um esquema de cores para as pontas que

usualmente são usados na literatura e nos rótulos dos produtos químicos fitossanitários, que descreve os tamanhos de gotas de pulverização. Esse esquema define as faixas de tamanho de gotas ou categorias usando o Diâmetro Volumétrico Médio (VMD) (Quadro 8). A distribuição dos tamanhos de gotas, de qualquer pulverização, nunca é completamente uniforme, de modo VMD é usado no SISD-TAP como um indicador dos diâmetros médios de gotas dentro de uma pulverização.

O SISD-TAP utiliza esse código de cores e com um algoritmo para a seleção da Ponta (Figuras 12a, 12b, 12c e 12d) realiza a escolha das mesmas para os cenários DPrd, DBE e DCR baseado nos tamanhos de gota determinados no modelo de cálculos do volume de aplicação a partir do Banco Dinâmico de pontas (Ver Apêndice D).

O Banco Dinâmico de Pontas contém um cadastro de 433 pontas por marca e modelo (Leque, duplo leque, cone vazio, cone cheio, defletor, ar induzido, injeção de ar, ângulos duplas, preorifico, entre outros) das empresas fabricantes mais importantes presentes no mercado brasileiro de equipamentos e dispositivos de Tecnologia de Aplicação, a saber: ILEMO HARDI (2009); ALBUZ (2011); SPRAYING SYSTEMS (2012); JACTO (2013) e AGROTOP (2013).

<b>Categoria de Gota</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Cor</b>	<b>VMD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>
Muito Fina	MF	Vermelho	<90
Fina	F	Laranja	91-200
Média	M	Amarelo	201-300
Grossa	G	Azul	301-450
Muito grossa	MG	Verde	451-600
Extra grossa	EG	Preto	>601

Fonte: Classificação BCPC, (1986) e ASAE, S572 (1999), faixa de VMD, estimados a partir dos gráficos de referência

Quadro 8 - Distribuição de tamanhos de gotas. (Pressão de trabalho 3 bar)

Finalmente, o SISD-TAP apresenta uma tabela resumo com as informações das pontas selecionadas, indicando marca, modelo e código de tamanho com a cor característica.

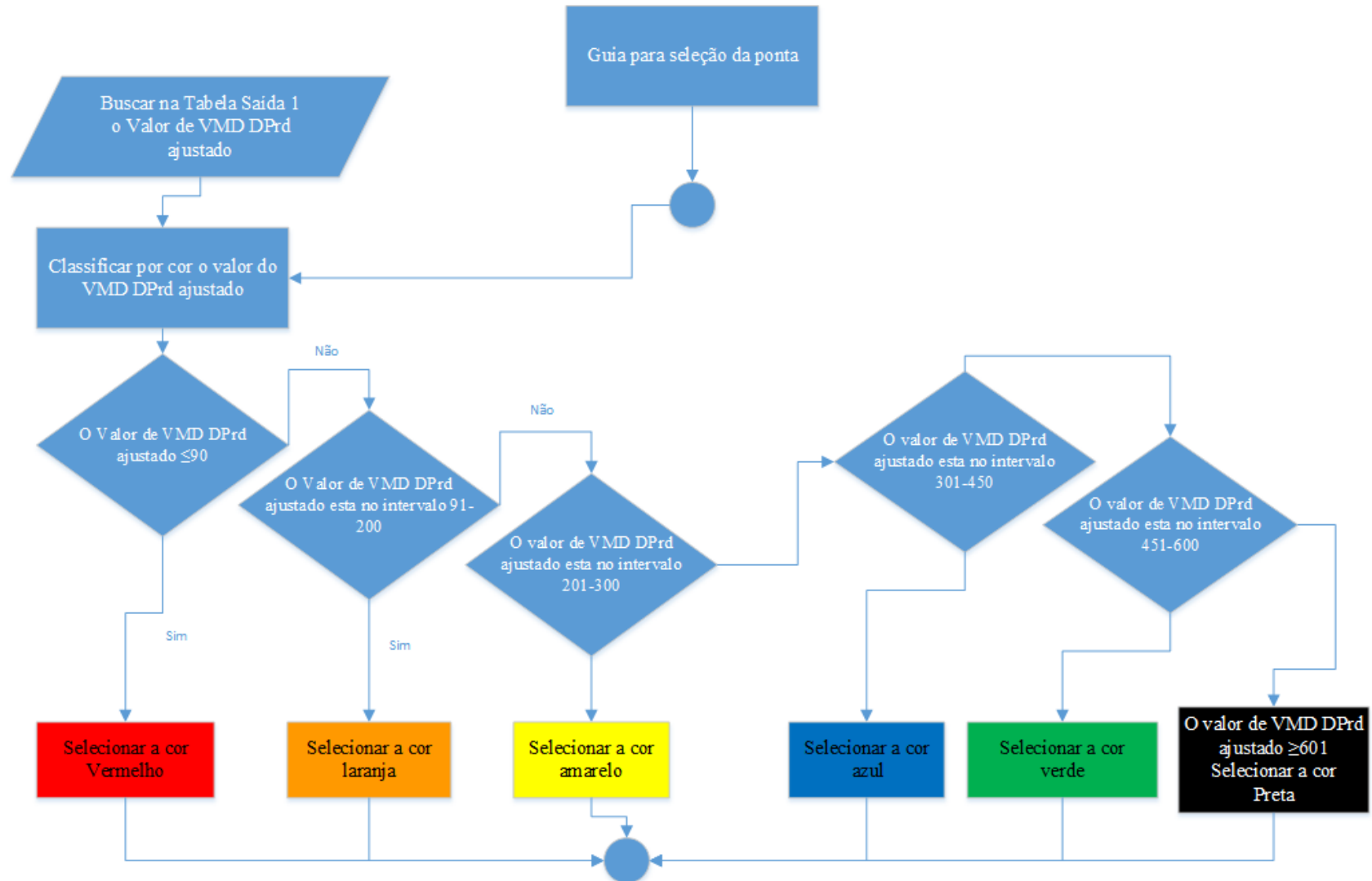


Figura 12a - Algoritmo para seleção da ponta

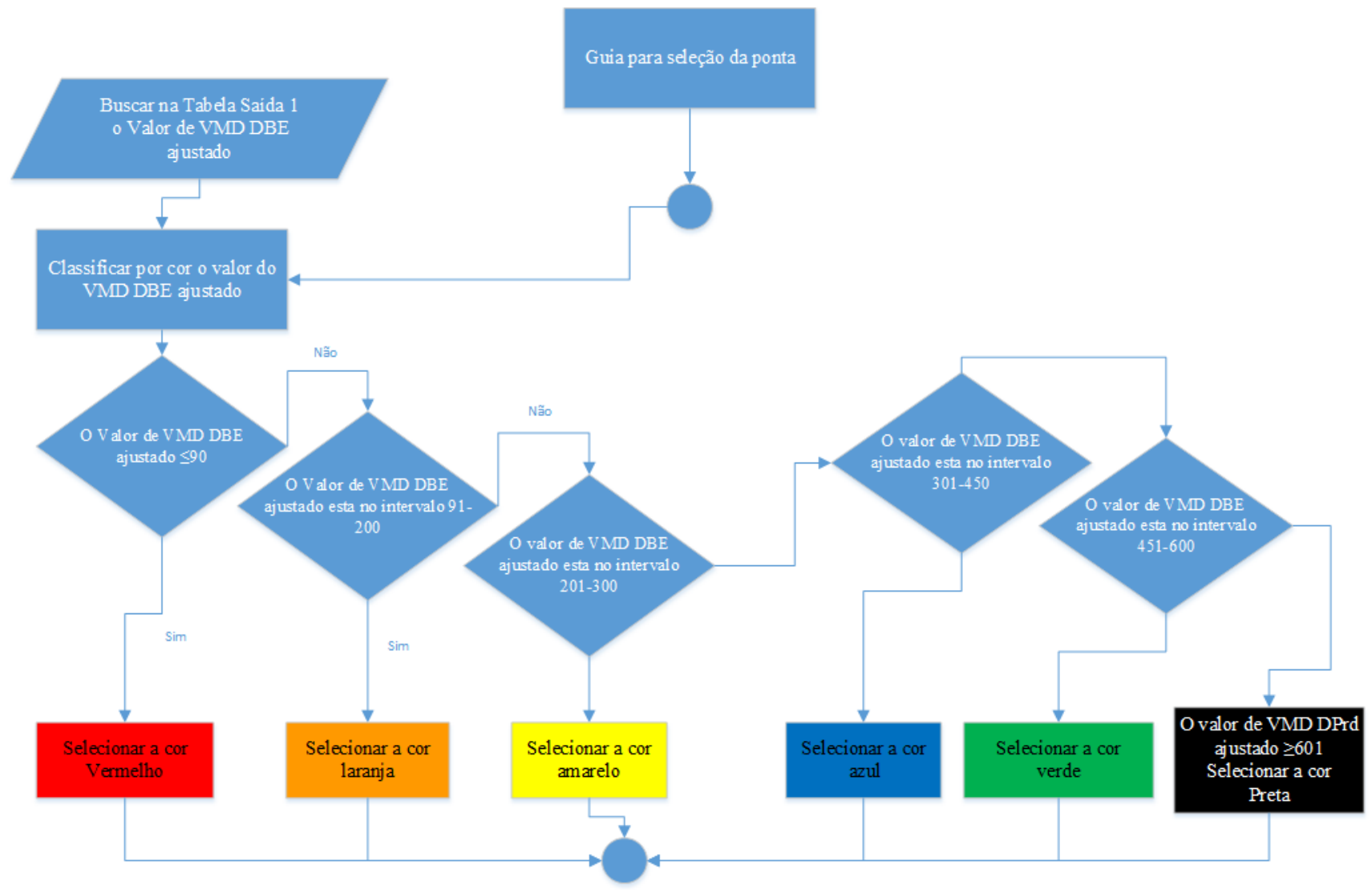


Figura 12b - Algoritmo para seleção da ponta

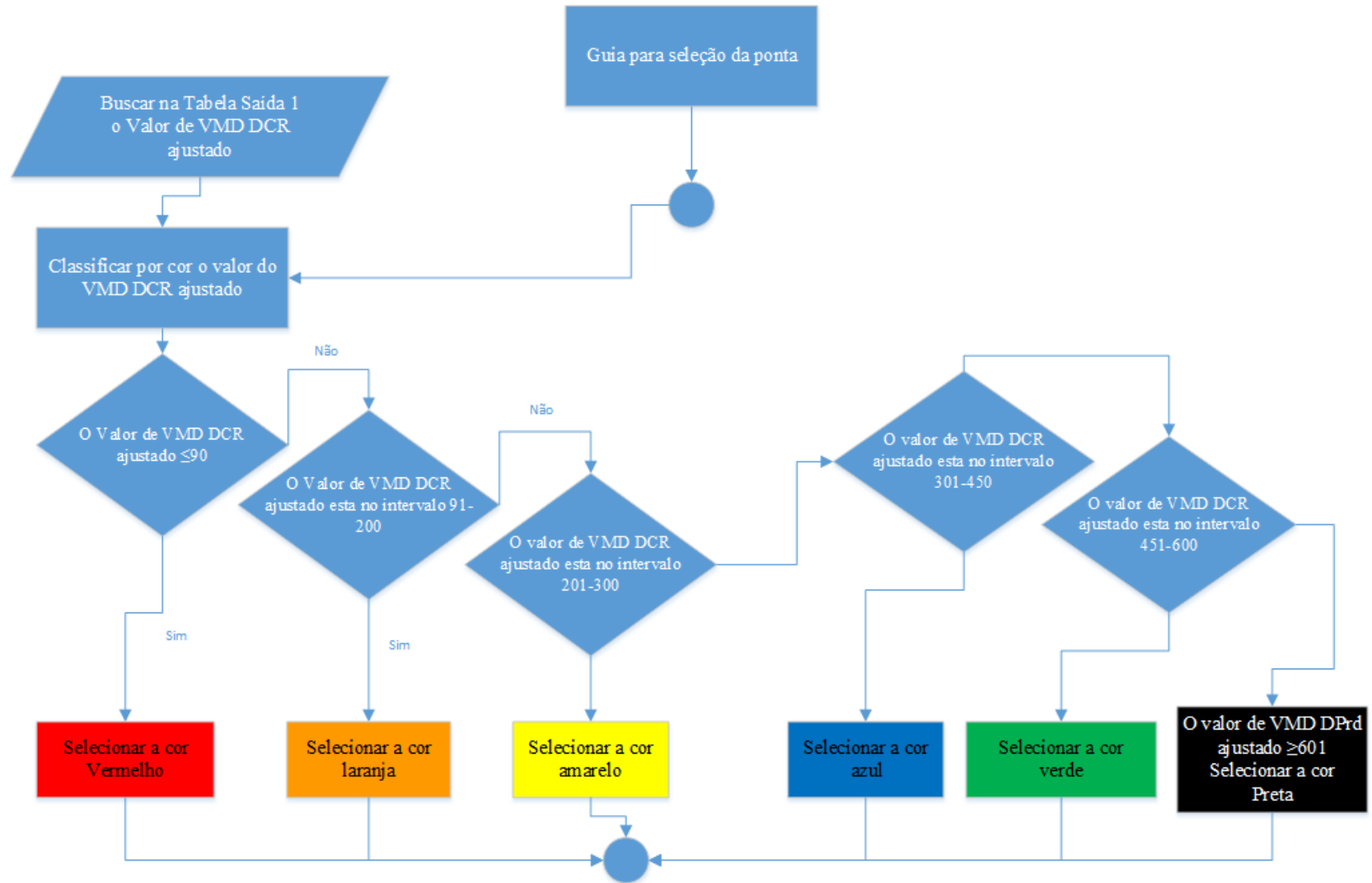


Figura 12c - Algoritmo para seleção da ponta

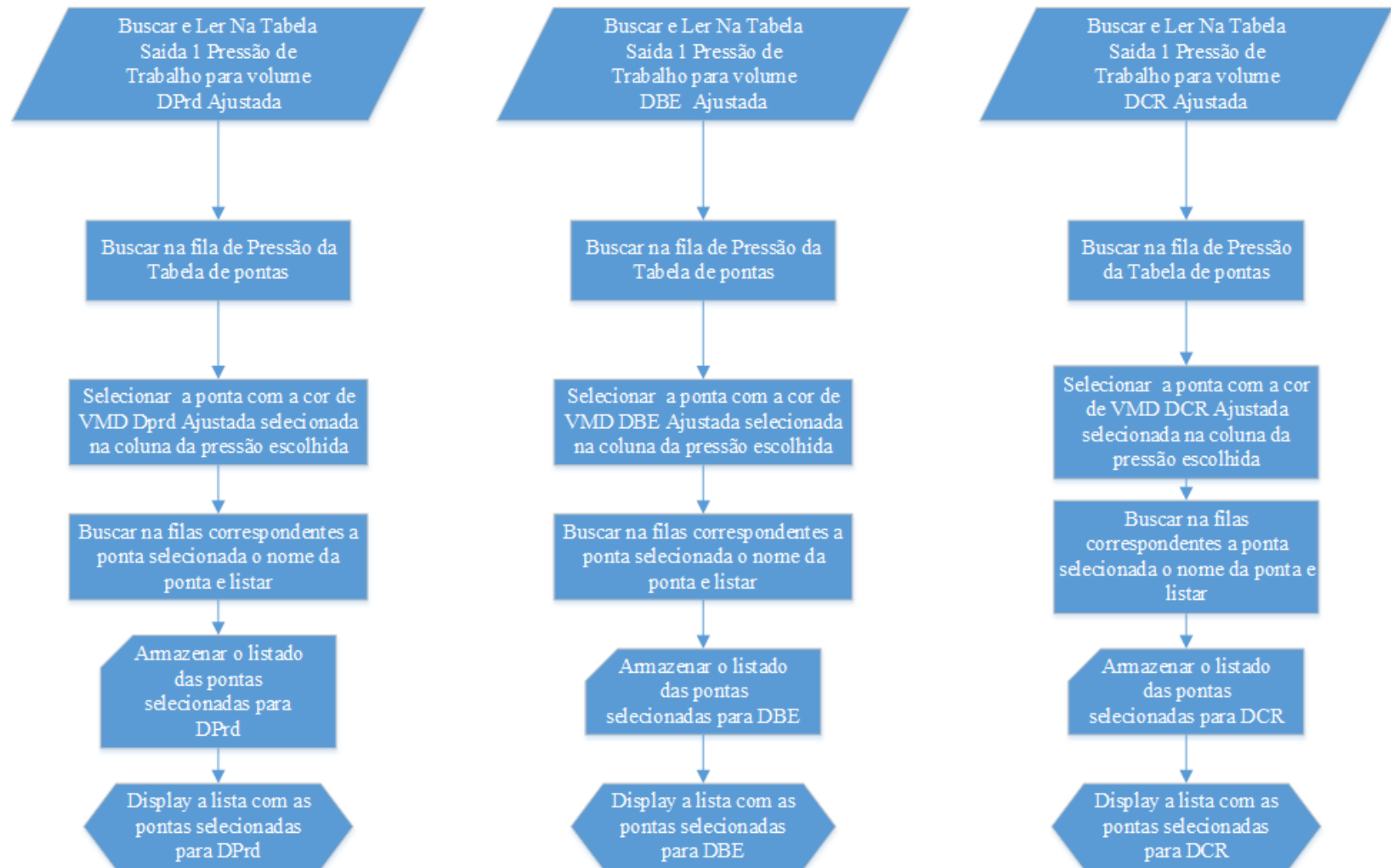


Figura 12d - Algoritmo para seleção da ponta



#### 4.4.6. - Modelo para estimar momento de aplicação

Silva (2005) concorda que as condições meteorológicas influenciam decisivamente nos resultados das aplicações realizadas sobre as plantas e, portanto, no momento do tratamento, salienta que se deve prestar atenção especial à temperatura, umidade relativa e velocidade do vento, pelos seus efeitos na evaporação e deriva de gotas pequenas. Embora seja difícil indicar valores específicos que podem ser levados em conta, em geral, para todos os tratamentos, o mesmo autor define o limite para a implementação de aplicações, o qual poderia estar em velocidades de vento superiores a 10-15 km.h<sup>-1</sup>, temperaturas mais elevadas entre 25 e 30 °C e umidade relativa do ar inferior a 35 ou 40%.

Em suma, os limites críticos que afetam a pulverização podem ser estabelecidos da seguinte forma: não mais de 25 °C temperatura ambiente, umidade relativa do ar acima de 60%, a velocidade do vento não superior a 10 km.hora<sup>-1</sup>, e as gotas menores do que 100 µm não excedam 5% do volume total (ETIENNOT, 1990 e LEIVA, 1996). Acrescenta Antunassi (2009), ao propor limites de temperatura e umidade relativa do ar para diferentes tamanhos de gotas, que para gotas finas ou muito finas a temperatura deve estar abaixo de 25 °C e umidade relativa acima de 70 %, para gotas finas ou médias de 25 a 28 °C e 60-70 % de umidade relativa do ar, finalmente para gotas médias a grossas os limites estariam com temperaturas acima de 28 °C e umidades relativas abaixo de 60%.

O monitoramento das condições climáticas e o ajuste adequado das pulverizações para a deposição das gotas antes, durante ou após as aplicações de produtos químicos fitossanitários são um aspecto essencial na obtenção de bons resultados no controle de pragas nas lavouras (FERNANDES, 2012). Portanto, a definição precisa do melhor momento para realizar as aplicações resulta como um fator chave para assegurar o sucesso dos tratamentos.

Concluindo, somente deverão realizar-se as aplicações, quando as condições ambientais encontrarem-se dentro de certos limites, para determinar a amplitude dos períodos durante os quais surgem estas condições.

O SISD-TAP processa as informações de temperatura e umidade relativa do ar e velocidade do vento, utilizando um algoritmo (Figura 13a e 13b) a partir de uma análise multicritério para

calcular um índice ( $T\tau$ ), baseado num conjunto de regras de decisão (Tabela 6), que representa algebricamente a condição do momento de aplicação baseado nos dados da informação climática, definidas verbalmente, nas quais são realizadas as aplicações de fitossanitários.

O valor do índice ( $T\tau$ ) é obtido a partir da média ponderada das valorações estabelecidas para o Déficit da pressão de vapor (DPV) e Velocidade do vento (Vv), sendo as seguintes: DPV baixa (7), DPV meia (5), DPV alta (3) e DPV muito alta (1); Vv bom (7), Vv ótimo (5), Vv regular (3) e Vv não aplicar (1).

Seguidamente foram definidos três momentos de aplicação, como segue: (a) Momento de aplicação **Ótimo** ( $T\tau = 5-7$ ), apresentado graficamente com a cor **Verde**; (b) Momento de aplicação **Favorável** ( $T\tau = 2,5-4,99$ ) indica uma recomendação de coadjuvantes na calda, mostrado com a cor **Amarela** e (c) Momento de aplicação **Limitada** ( $T\tau \leq 2,49$ ), recomendando usar coadjuvantes e pontas especiais para controle da deriva ou utilização de pontas com indução de ar, apresentado com a cor **Vermelha**.

Tabela 6 - Valoração do índice ( $T\tau$ ) para a definição do momento de aplicação

DPV	Vv			
	bom	ótimo	regular	não aplicar
baixa	7	6	5	4
meia	6	5	4	3
alta	5	4	3	2
muito alta	4	3	2	1

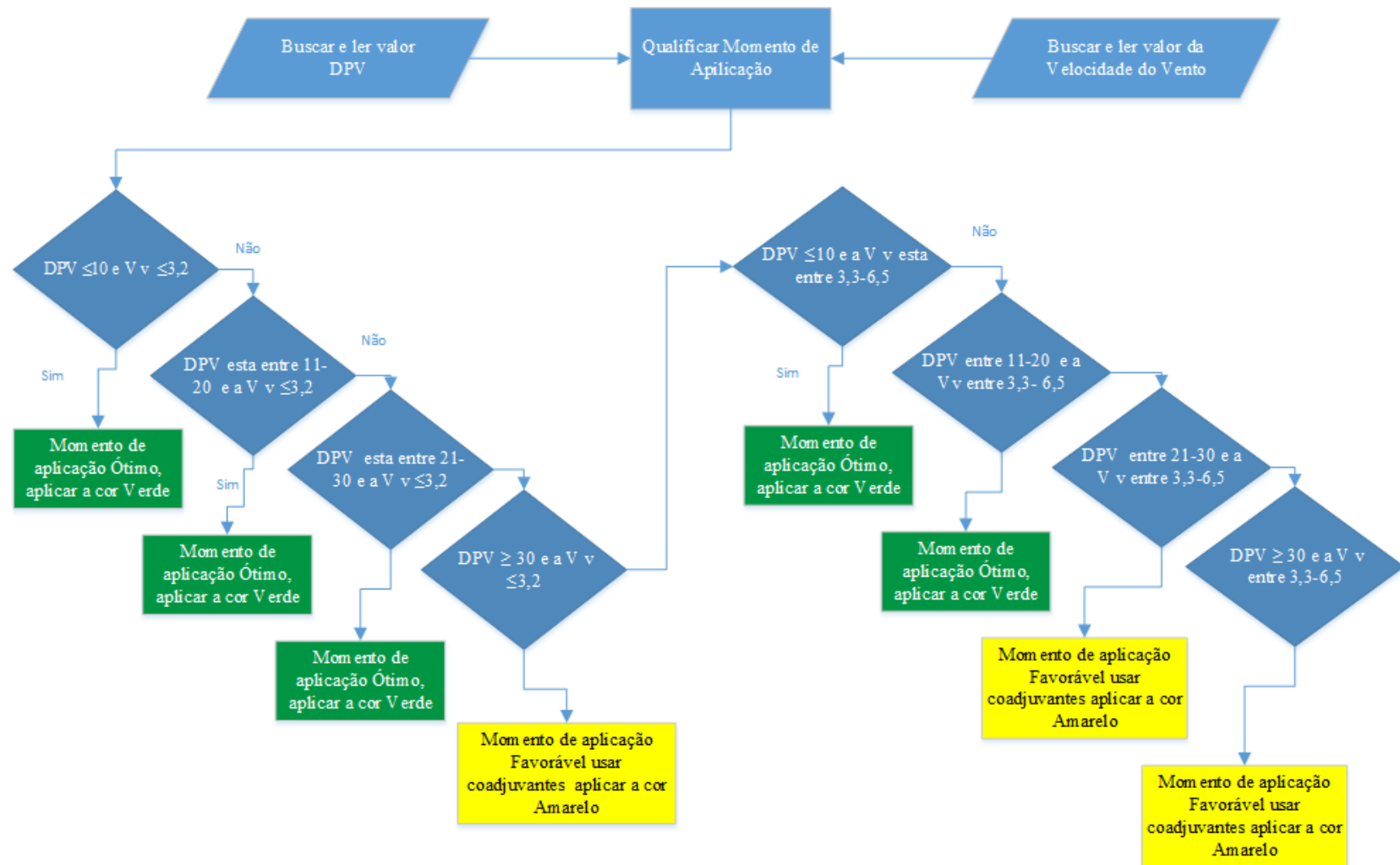


Figura 13a - Algoritmo para momento de aplicação

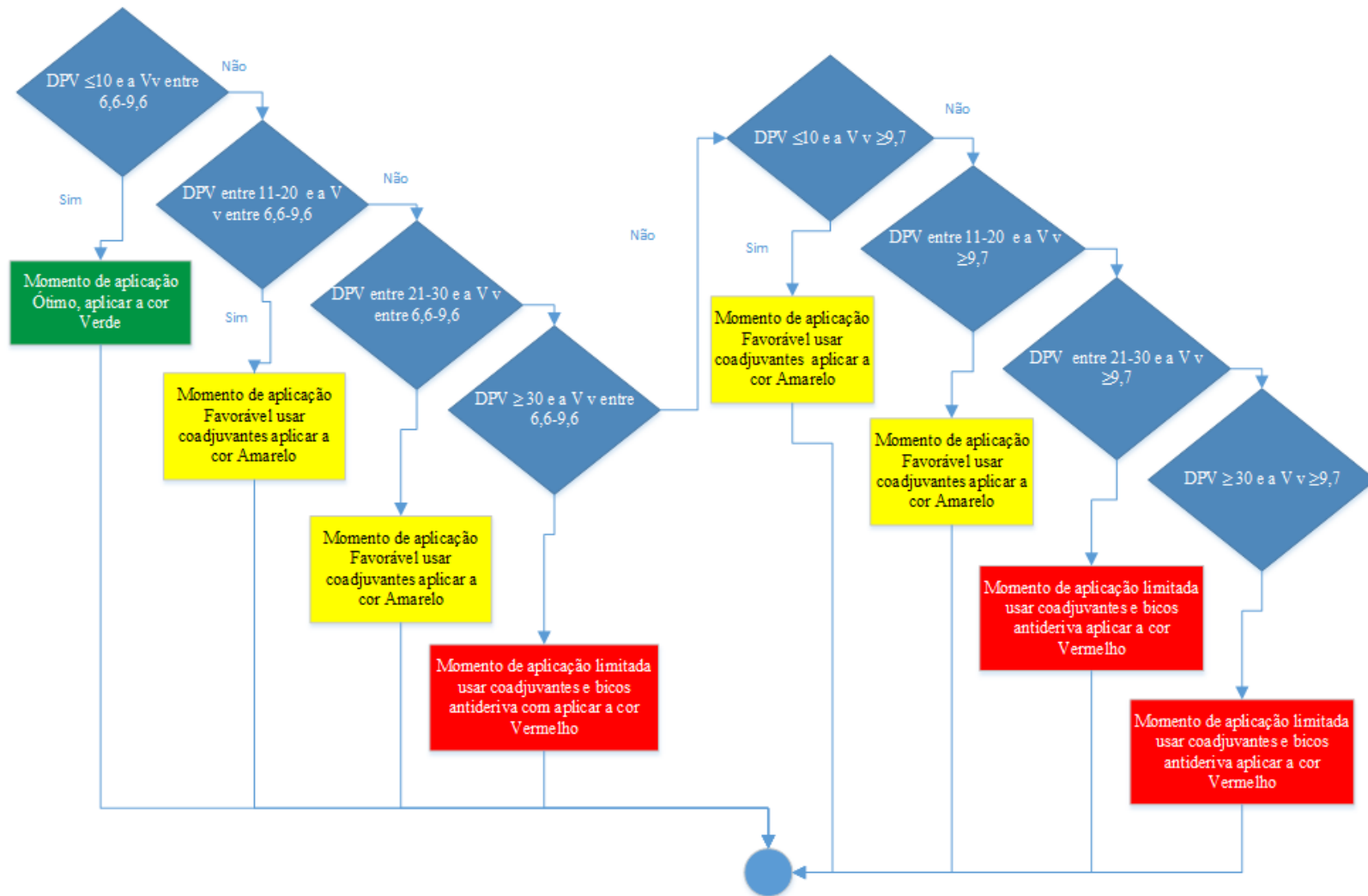


Figura 13b - Algoritmo para momento de aplicação

#### 4.5. - Aplicando o SISD-TAP: Testes e validação

O SISD-TAP estará disponibilizado no portal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no endereço eletrônico: <http://www.ufsm.br/sisdtap> ou [www.ufsm.br/sisdtap](http://www.ufsm.br/sisdtap). O programa inicia-se automaticamente uma vez que a planilha contendo o SISD-TAP for aberta. Posteriormente, aparece uma tela descrevendo o SISD-TAP, o usuário identifica o arquivo de dados e, a seguir, inicia com a digitação das informações e valores de sua área para conformar as bases de dados “Talhão” e “Máquinas”. Logo após, define-se as condições de cultura, pragas e variáveis climáticas para realizar um planejamento.

O modelo foi projetado para ajudar a determinar o volume de calda que deve ser aplicado em três cenários desenvolvidos: (Q<sub>1</sub>) Volume do produtor (DPrd), (Q<sub>2</sub>) Volume Biologicamente eficiente (DBE) e (Q<sub>3</sub>) Volume Clima /Alvo (DCR).

Os principais insumos para operação de modelo são: (1) cultura (produtividade e fenologia (IAF), (2) praga e produto (doses do produto químico fitossanitário), (3) clima (temperatura e umidade do ar, velocidade do vento), (4) dados do pulverizador (volume do depósito do pulverizador, largura da barra e número de pontas) e (5) superfície do Talhão.

Essas informações são fornecidas para utilizar um conjunto de equações que o modelo seleciona para determinar os volumes de aplicação para diferentes dados de entrada e, finalmente, determinar os parâmetros operacionais, os custos de aplicação, o melhor momento de aplicação e as recomendações e orientações das pontas para cada um dos cenários estabelecido.

Para determinar o volume de aplicação, o modelo utiliza uma função para estimar a eficiência das aplicações, baseado no balanço da cobertura alcançada e a quantidade da calda perdida por efeito da deriva e evaporação do líquido pulverizado. A saída do modelo pode ser impressa, de acordo com as necessidades dos usuários, e disponibilizada ao produtor, consultor ou fornecedor de produtos químicos fitossanitários.

Os procedimentos anteriormente descritos podem ser aplicados indistintamente a três culturas (milho, soja e batata) em princípio, a distintas pragas (plantas daninhas, doenças e insetos), em diferentes condições de clima (temperatura e umidade do ar e velocidade do vento) e utilizando equipamentos e máquinas que o usuário cadastre na base de dados, nos cenários de aplicação.

O modelo é projetado para permitir aplicações dos fitossanitários em taxa variável,

considerando o manejo por sítio específico (Talhões), e para possibilitar que os usuários utilizem suas próprias e particulares características produtivas.

Objetivando testar e verificar a funcionalidade dos algoritmos projetados para as distintas estratégias de gestão em tecnologia de aplicação de fitossanitários para o controle de pragas, foi desenvolvida uma primeira versão do SISD-TAP, nomeado *Alpha*. Nas Figuras 14, 15 e 16, pode-se observar as telas de entrada de dados para Talhões, Máquinas e a dos Resultados das Saídas correspondentes às simulações, respectivamente.

The screenshot shows the 'Novo Talhão:' form with the following data:

Descrição:	Talhao Teste
Tipo de Produto:	Inseticida
Tipo de Aplicação:	Pré-emergente
Dose(s) do Produto:	2
IAF:	2.49
FVA:	0.66
Temperatura do Ar:	24
Umidade do Ar:	66
Doses Planejamento:	150
Superfície:	300
Preço Produto Químico:	44.74
Produtividade Estimada	3000

The 'Meus talhões:' table contains one entry:

Nome	Produto	Aplicação	Superfície
Talhao Exemplo		Contato	300.0

Figura 14 - Versão Alpha SISD-TAP. Tela entrada dados Talhão

Essa versão de prova possibilita digitar as informações referentes ao Talhão (descrição e superfície), editar, remover ou adicionar dados correspondentes ao produto e praga considerada para a simulação, além das variáveis da cultura (IAF, Fv/a e produtividade estimada) e as condições

climáticas, nas quais se pretende realizar a aplicação do fitossanitário. Com isso, o usuário pode selecionar e adicionar as informações e os dados correspondentes às máquinas (tratores e equipes de aplicação de arrasto ou Autopropelidos) que têm disponibilizados para as aplicações e os quais podem ser selecionados para as distintas simulações requeridas.

A seguir o usuário pode selecionar e adicionar as informações e dados correspondentes as maquinas (tratores e equipes de aplicação de arrasto ou Autopropelidos) que tem disponibilizados para as aplicações e os quais podem ser selecionados para as distintas simulações requeridas.

Nome	Tipo de Máquina	Volume	Potência
Trator Exemplo	Trator	0.0	75.0
Pulverizador Exem...	Arrasto	800.0	0.0

Figura 15 - Versão Alpha SISD-TAP. Tela entrada dados Maquina

Finalmente, na versão *Alpha* do SISD-TAP, possibilita-se a seleção de qual parcela (Talhão) e de que máquina (trator, pulverizador de arrasto ou autopropelido), dos previamente registrados na base de dados, o usuário deseja fazer uma simulação para o planejamento da

aplicação de produtos químicos fitossanitários.

Ao fazer *click* sob o comando "simulações", os algoritmos do programa processam essas informações e, com auxílio das bases de dados dinâmicas que contém, calculam para os cenários DPrd (volume de planejamento produtor), DBE (volume biologicamente eficiente) e DCR (volume clima/alvo) as seguintes saídas: volume de aplicação, volume total de aplicação, número e tempo de recargas do pulverizador, parâmetros operativos (velocidade de trabalho real, pressão de trabalho, vazão e tipo ou cor da ponta selecionada e tamanho de gota), fatores de custos de operação, perdas estimadas de produto por deriva e evaporação e, finalmente, estimativa da eficiência de aplicação.

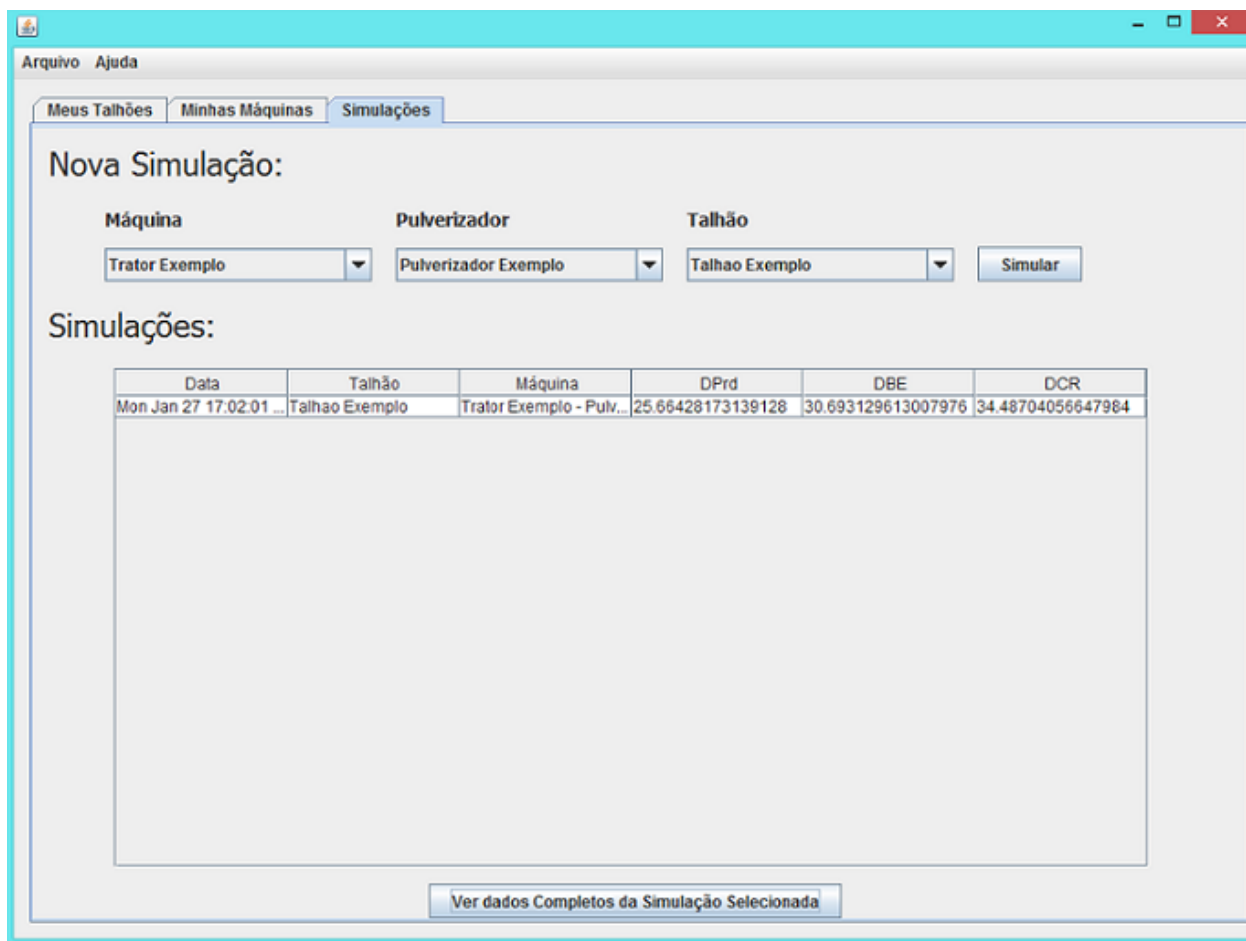


Figura 16 - Versão Alpha SISD-TAP. Tela saídas simulação



Para demonstrar a utilidade do SISD-TAP em identificar o efeito da variação de condições agroambientais, sob as alternativas de manejo da tecnologia de aplicação de fitossanitários e a robustez do sistema de apoio à decisão em diferentes situações simuladas, foram definidos três ambientes com diferentes características para o controle de pragas nas culturas de milho, soja e batata. Nas Tabelas 7 e 8, são mostradas as informações das entradas para o Talhão, para realizar a simulação de prova com o SISD-TAP.

As informações referentes a Máquinas e apresentadas na Tabela 9 incluem as características do trator, pulverizador de arrasto e pulverizador autopropelido. Além desses, também são indicados dados básicos requeridos nos algoritmos de eficiência e custos das aplicações.

Para o exemplo de aplicação do SISD-TAP (Versão *Alpha*) foi selecionado uma aplicação com Autopropelido, no caso da cultura de milho e na simulação para soja e batata; contrariamente, foi considerada uma aplicação com pulverizador de arrasto.

Em todas as condições, as estratégias de manejo da tecnologia de aplicação indicadas pelo SISD-TAP foram analisados por meio de duas premissas.

A primeira analisou o impacto das mudanças nas culturas, tipo de praga e produto químico utilizado sobre a diferença nos cenários DPrd, DBE e DCR na definição dos parâmetros operativos: tipo ponta, vazão de ponta, pressão de trabalho, velocidade de trabalho e dose aplicada. Essa análise destacou as condições em que os produtores podem considerar o uso de uma estratégia, para abordar a variação das características do alvo biológico no campo.

Na segunda análise, se examinaram o impacto na variação do valor dos custos da aplicação, a eficiência de aplicação esperada e o momento de aplicação dos fitossanitários nas doses calculadas para os três cenários (DPrd, DBE e DCR).

O objetivo dessa análise foi determinar o efeito desses fatores sobre as alternativas de aplicação apresentadas pelo programa, e que podem auxiliar as pessoas na tomada de decisões no manejo das pragas nas culturas.

Após a digitalização de entradas de informações e dados exigidos pelo sistema para realizar Simulações, o programa executa os algoritmos para os diferentes cálculos das saídas previstas para cada cultura (soja, milho e batata), nos três cenários estabelecidos: Volume Planejamento Produtor DPrd, biologicamente eficiente (DBE) e volume Clima/ Alvo (DCR), apresentados na Tabela 10.

Tabela 7 - Informação entradas Talhão Simulação SISD-TAP

Superfície Talhão (ha)	Produtividade (kg.ha <sup>-1</sup> )	Condições da aplicação**		
		Temp. Ar (°C)	UR Ar (%)	Veloc. Vento (Km.h <sup>-1</sup> )
500	9500 *(Milho)	28,5	51,9	9,3
300	2714 *(Soja)	23,4	66,0	6,1
50	32000 *(Batata)	22,6	70,1	2,6

\*Fonte: CPTEC/INPE, 2014.

Tabela 8 - Entradas culturas, pragas e produtos para Simulação SISD-TAP

Cultura	Estádio fenológico	IAF	Praga	Alvo/Localização	Produto químico	Modo ação	Dose (L.ha <sup>-1</sup> )	Volume Aplicação (L.ha <sup>-1</sup> )	Fonte Bibliográfica
Milho	V2	0,671	Planta Daninha	Entre plantas	Herbicida	Sistêmico	3,00	100	GALON et al. 2008 NUNES et al. 2010 BUENO et al. 2013
Soja	V9	2,491	Fungo	Dois Terços inferior	Fungicida	Sistêmico	2,00	150	SOARES et al. 2004 FERREIRA et al. 2013 BOLLER et al. 2013
Batata	IV	5,67	Inseto	Dois Terços superior	Inseticida	Contato	0,75	250	SOUZA et al. 1998 SALLES, 1999 PEREIRA, 1999

Tabela 9 - Informação entradas dados Máquinas Simulação SISD-TAP

<b>Variável/Informação</b>	<b>Trator</b>	<b>Pulverizador Arrasto</b>	<b>Autopropelido</b>
<b>Volume Deposito (L)</b>		800	3000
<b>Largura Barra (m)</b>		14	24
<b>numero pontas (n=0,50 m)</b>		28	48
<b>Potencia Motor (kW)</b>	75		150
<b>Consumo Combustível (L.h<sup>-1</sup>)</b>	13,41		14,89
<b>Jornada Trabalho (h)</b>	8	8	8
<b>Velocidade Teórica (km.h<sup>-1</sup>)</b>	6	6	18
<b>Preço (R\$)</b>	98465,04	35524,96	439430,43

Tabela 10 - Resultados das simulações para a validação dos algoritmos do SISD-TAP, Versão Alpha

Cultura	Cenário	Volume (L.ha <sup>-1</sup> )	VMD (µm)	Ponta	Pressão (Bar)	Vazão (L.min <sup>-1</sup> )	Velocidade (Km.h <sup>-1</sup> )	Deposito # Recargas	Tempo aplic. Dias	Custo Médio Maq.(R\$/ha)	Custo Médio Aplic. (R\$/ha)	Custo Médio Aplic. (R\$/Sac)	Custo Total Aplic. (R\$)	Eficiência Aplic. (%)	Momento de aplic.
Soja	DPrd Q <sub>1</sub>	150	225	O15	5	0,75	6	57	16,44	61,69	151,17	3,34	45349,6	72,66	Ótimo
	DBE Q <sub>2</sub>	240	237,6	O2	5	1,00	5	90	22,63	84,94	174,42	3,86	52326,8	82,53	
	DCR Q <sub>3</sub>	205,2	247	O15	4	0,68	4	77,0	20,18	89,48	165,23	3,65	49567,6	94,62	
Milho	DPrd Q <sub>1</sub>	101,3	200	O3	2	1,52	18	16,9	4,79	8,9	200,9	1,27	100450,1	28,88	Favorável usar coadjuvantes
	DBE Q <sub>2</sub>	88,5	241,7	O25	7	1,48	20	14,8	4,4	8,17	200,17	1,26	100085,5	51,95	
	DCR Q <sub>3</sub>	70,8	237,4	O2	7	1,18	20	11,8	3,83	7,12	199,12	1,26	99561,9	48,89	
Batata	DPrd Q <sub>1</sub>	250	150	O25	5	1,25	6	15,63	3,89	87,59	154,7	0,29	7734,78	60,59	Ótimo
	DBE Q <sub>2</sub>	180	144,6	O15	5	0,75	4	11,25	3,07	69,09	136,2	0,26	6809,77	42,76	
	DCR Q <sub>3</sub>	304	162,5	O3	2	1,52	6	19	4,52	101,86	168,97	0,32	8448,35	77,01	

Custo Médio Maq.: custo associado ao componente do equipamento (R\$.ha<sup>-1</sup>).

Custo Médio Aplic.: custo associado ao equipamento e produto químico utilizado (R\$.ha<sup>-1</sup>).

Custo Médio Aplic.: custo associado ao equipamento e produto químico utilizado expressado em termos da produtividade da cultura (R\$.Sac<sup>-1</sup>).

Custo Total: valor total do custo da aplicação em relação área total do talhão (R\$).

O programa conseguiu analisar as diferentes magnitudes das variáveis de entrada e as relações funcionais entre essas, ao apresentar um conjunto diferenciado nas saídas obtidas para cada uma das culturas, condições meteorológicas e máquinas utilizadas para o planejamento da aplicação de fitossanitários no controle de pragas (plantas daninhas, insetos e fungos), de modo específico e diferenciado para cada caso em particular. Coincidindo com o assinalado por Berti e Zanin (1997), ao indicar que a escolha da melhor opção de controle de pragas pode ser melhorada usando sistemas de suporte à decisão, considerando os diferentes fatores que afetam a eficácia (espécies de pragas, fase de crescimento, as condições climáticas) e a economia dos tratamentos.

Os resultados apresentados mostram que o volume de aplicação calculado (em qualquer cenário estudado) é ajustado para a densidade (IAF), o tipo de praga e as condições do clima nas quais é feita a simulação. A correta seleção dos parâmetros das aplicações (tamanho médio da gota (VMD) e número de impactos por  $\text{cm}^2$ ) possibilitam a obtenção de alternativas técnicas e recomendações operacionais (relacionadas com o tipo de ponta a utilizar, a pressão de trabalho e velocidade real recomendados).

Também foi possível observar a sensibilidade do SISD-TAP na determinação dos custos e na estimativa da eficiência das aplicações nos cenários já mencionados. Sendo consistente como mencionado por Lewis et al. (1997), quem ressaltaram que sistemas de apoio à decisão baseados em computador podem funcionar como um sistema de gestão em ambiente virtual, em apoio a isso, os modelos táticos como sistemas especialistas permitem ao usuário explorar os diferentes cenários, a fim de identificar as melhores práticas específicas ao local e tem como objetivo dar resposta às questões levantadas no campo real.

A eficiência de aplicação flutuou de acordo com o aumento ou diminuição da cobertura esperada (VMD e  $\text{Imp.cm}^{-2}$ ), da mesma forma que foi influenciada pelo tipo de praga e produto selecionado, no entanto, a deriva e as perdas por evaporação de aplicações (simuladas) parecem ser subestimadas. O efeito das condições meteorológicas sobre estes é evidentemente notado, coincidindo com Stewart et al. (1998), confirmando a forte relação entre essas variáveis, uma vez que ambos dependem do estado de desenvolvimento do dossel vegetal ou alvo a ser alcançado.

Os resultados também mostram um incremento dos custos de aplicação à medida que os volumes aplicados são incrementados. Quando aumenta o volume aplicado, maior calda deve ser pulverizada e conseqüentemente requer maiores tempos de utilização das maquinarias e equipamentos de pulverização (número de dias para efetuar a aplicação). Isso tem o efeito negativo

desde um ponto de vista econômico, no entanto, volumes mais elevados podem ajudar a alcançar uma cobertura mais eficiente do alvo a controlar, é claro, dependendo das condições das variáveis do clima e da cultura considerada, situação que o programa consegue eficazmente diferenciar.

No entanto, Fabre et al. 2007, mencionaram nos modelos de regras de decisão a necessidade de tais programas para oferecer vantagens de custo sobre as estratégias convencionais, poucos estudos focam esta dimensão econômica e financeira nas estratégias de manejo das pragas. Com tudo os pesquisadores observaram que o custo médio de utilizar as estratégias de regras de decisão é sempre menor do que mesmo a média de custos da estratégias aplicadas em diferentes cenários, porém, os modelos desenvolvidos mostraram fortes efeitos dos diferentes agrossistemas as regras de decisão que sobre os benefícios econômicos obtidos.

A recomendação do momento de aplicação, nas simulações realizadas, permite oferecer ao usuário uma informação importante, ao mostrar graficamente, com uma escala de cor (verde, amarelo e vermelho) e uma definição do momento de aplicação (ótimo, favorável ou limitado), além de oferecer recomendação para a utilização de substâncias adjuvantes ou a utilização de pontas especiais para controle da deriva nas aplicações. Neste sentido, Dammer et al. (2008), sublinharam na prática, os sistemas de apoio à decisão podem fornecer informações sobre as probabilidades de infestação da praga ou doença, tempo de aplicação, produtos químicos fitossanitários e doses (volumes) de aplicação de pulverização uniformes ou em taxa variável.

Finalmente, o Usuário poderá utilizar o SISD-TAP como uma ferramenta muito confiável para o planejamento das aplicações de produtos químicos fitossanitários para o controle das pragas das culturas, contribuindo eficazmente ao disponibilizar de informações sobre distintas ações de manejo da técnica de pulverização em momento e tempo real, assim como facilitar a realização de análises simples nas condições particulares de seu sistema produtivo, assim como permitir efetuar simulações em ambiente virtual para avaliar de forma rápida diversas situações produtivas, a fim de realizar a gestão do controle de pragas de forma eficiente.

O desenho do sistema facilita a educação dos usuários sobre uma variedade de tópicos sensíveis ao tempo e permitir facilmente incorporar outros modelos, novas recomendações de gestão ou informações de novos sensores como eles são desenvolvidos, de forma semelhante como fora sublinhado por Jones et al. (2010), quem desenvolveram um sistema de apoio à decisão para fruticultores do estado de *Washington* (USA) que integra dados ambientais mais previsões do tempo e previsões do modelo (dez insetos, quatro doenças e um modelo de horticultura).

## 5 CONCLUSÕES

O estudo possibilitou definir a influência dos fatores: inspeção, regulação, impactos ao meio ambiente, planejamento e avaliação, aos agricultores em tecnologia de aplicação. As variáveis danos ao ambiente, riscos saúde/pessoas, avaliação da eficiência/eficácia e seleção do volume aplicado são prioritárias para os produtores rurais da Região Central do Rio Grande Do Sul, ao mostrarem maior grau de importância na caracterização das prioridades associadas à tecnologia de aplicação de fitossanitários.

Os fatores relacionados com aspectos operacionais dos pulverizadores (frequência da inspeção, seleção de pontas e procedimentos de regulação) demonstraram ordem intermediária de prioridade, no entanto, superiores em importância ao restante de fatores estudados.

Nesse contexto, foi possível definir a importância e o grau de influência de distintas variáveis e fatores para caracterizar a gestão agrícola das aplicações de fitossanitários e, dessa forma, auxiliar no planejamento do manejo de pragas nas culturas, identificando os pontos críticos e estabelecendo critérios fundamentais para a tomada de decisão.

Através de um estudo sistemático, foi possível identificar os critérios e sua importância para as necessidades de um sistema de tomada de decisão. Da mesma forma, foi possível estabelecer os níveis e a hierarquização dos conhecimentos teóricos e práticos de forma a projetar um Modelo Conceitual para o controle de pragas, visando desenvolver as estratégias técnicas e os cenários prospectivos, os quais irão responder às questões relacionadas com a tecnologia de aplicação de fitossanitários.

Os fatores e critérios tecnológicos, biológicos e ambientais resultaram no primeiro nível de importância pela maioria dos especialistas consultados. Em segundo nível de priorização, foram incluídos os conteúdos relativos ao ambiente e aos aspectos sociais e, finalmente, no menor nível de importância, foram colocados os critérios agrícolas e políticos.

Foi possível desenvolver um programa de análise, aplicação e avaliação em tecnologia de aplicação de produtos químicos fitossanitários, denominado Sistema de Apoio à Decisão em Tecnologia de Aplicação de Precisão (SISD-TAP), favorecendo a aplicação variável de insumos baseado nos conceitos do manejo sítio específico (MSE).

O sistema foi desenvolvido com base em saídas de diferentes modelos táticos, incluindo três alternativas ou cenários tecnológicos: Cenário Normalizado ( $Q_1$ ), Cenário Biologicamente Eficiente ( $Q_2$ ) e Cenário Clima/Alvo ( $Q_3$ ), cada um constituído por um modelo que descreve os processos envolvidos na tecnologia de aplicação de fitossanitários no controle de pragas nas lavouras. Foram projetados para orientar ao usuário, usando as informações das bases de dados inclusas nos modelos, a fazer interpretações e análises simples para identificar e resolver problemas comuns no âmbito do manejo de pragas, e, assim, tomar decisões adequadas e apropriadas para o planejamento de estratégias nesse contexto. Além disso, oferecem a possibilidade de implementação de medidas de acompanhamento e controle das atividades selecionadas dentro das lavouras, no tempo e espaço real.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACPA. Australian Centre for Precision Agriculture, University of Sidney. 2005.  
URL:<http://www.usyd.edu.au/su/agric/acpa/>.

ADE, G. **Situazione e prospettive della mecanica dei trattamenti antiparassitari alle pomacee.** Jornadas Técnicas Eurofruit '92. España. Septiembre. 1992.

AGROFIT- MAPA. **Banco de informações sobre os produtos agrotóxicos e afins registrados no Ministério da Agricultura.** Brasil. Disponível Em: <<http://www.agricultura.gov.br/servicos-e-sistemas/sistemas/agrofit>>. Acesso em julho 2013.

AGROTOP. **Injektordusen und Zubehor fur Pflanzenschutz und Flussigdung. Der Dusenleitfaden fur alle Hauptkulturen im Feldbau.** Agrotop Spray Technology. 24 p. Disponível em: [http// www.agrotop.com](http://www.agrotop.com) Acesso em março 2013

AKESSON, N. AND WESLEY W. **Effect of weather factors on the application of herbicides.** Methods of applying herbicide. Weed Science Society of America. Monograph Series Nº 4. Chapter 22. p. 335-344, 1988.

ALBUZ. **Boquillas de Pulverización .Catalogo 2011.** 35 p. Disponível em: [http//www.albuz-spray.com](http://www.albuz-spray.com). Acesso em março 2013.

ALDAY, I. Y. BARRUFET J. M. Situación actual de la aplicación de fitosanitarios. Máquinas y Tractores Agrícolas. España. Dic. Nº 12. 1992.

ALVARENGA, C. B. DE; CUNHA, J. P. A. R. DA. Aspectos qualitativos da avaliação de pulverizadores hidráulicos de barra na região de Uberlândia, Minas Gerais. **Engenharia Agrícola**, Jun 2010, v.30, n.3, p.555-562.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURE ENGINEERS. Agricultural Machinery Management (ASAE D230-4). St. Joseph: ASAE, 1984. P 91-97.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. **Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra.** St. Joseph, Mich. /ASAE S-572, 1999.

ANDEF. **Manual de tecnologia de aplicação.** - Associação Nacional de Defesa Vegetal. -- Campinas. São Paulo: Línea Criativa, 2010.

ANDEF. **Situação do mercado de agrotóxicos no mundo e no Brasil.** Campanha nacional contra o uso de agrotóxicos e pela vida. São Paulo, maio de 2012.

ANTUNIASSI, U. R.; GANDOLFO, M. A. Projeto IPP - Inspeção de Pulverizadores. In: II Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos: Eficiência, Economia e Preservação da Saúde Humana e do Ambiente. Jundiaí – SP. **Anais...**Jundiaí – SP: FEPAF, 2001

ANTUNIASSI, U.R. et al. Avaliação da cobertura de folhas de soja em aplicações terrestres com diferentes tipos de pontas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3. **Anais...** 2004, Botucatu, SP. Botucatu: FEPAF, 2004. p.48-51.

ANTUNIASSI, U. R. Conceitos básicos da tecnologia de aplicação de defensivos para a cultura da soja. **Boletim de pesquisa de Soja** 2009. Rondonópolis, v. 13, p. 299-317, 2009.

ARREGUI, M. C.; GRENÓN, D. D. Tablero de comando sobre riesgo de contaminación ambiental por plaguicidas. 2009. Disponível em <http://www.fca.unl.edu.ar/tictambo/web/docs/tablerocomandoriesgoambientalxplaguicidas.pdf> / Acesso em julho 2010.

AZEVEDO, F. R.; D E OLIVERA FREIRE, F. D.CH. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas.** EMBRAPA Agroindustrial, Fortaleza, 47 p. 2006.

ASMAN, W. JOERGENSEN, A. AND JENSEN, P. K. Dry deposition and spray drift of pesticides to nearby waters bodies. **Pesticides Research.** Danish Environmental Protection Agency. N°66. 2003.

BANGEA, M.P.; DEUTSCHER, S.A. AND LARSEN D. A handheld decision support system to facilitate improved insect pest management in Australian cotton systems. **Computers and Electronics in Agriculture.** v.43 p.131–147. 2004.

BCPC. **Nozzle selection handbook.** British Crop Protection Council, Farnham Surrey. United Kingdom. 1986. 40 pp.

BARRUFET, J. M. Maquinaria de tratamientos fitosanitarios. **Máquinas y Tractores Agrícolas** Marzo N° 3. España. 1993.

BATRA S. W. T. Biological Control in Agroecosystems. **SCIENCE**, v. 21: 8. 1982.

BALASTREIRE, L.A., ESQUERDO, J.C.D.M. Adaptação de um pulverizador convencional para a aplicação localizada de defensivos agrícolas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.23, n.1 p.141-149, 2003.

BERTAGNOLLI, P. F. Relato do desempenho da Cultura da Soja no RS safra 2012/2013 EMBRAPA SOJA Disponível em: [http://www.cnpso.embrapa.br/rpsrcb2013/palestras/paulo\\_bertagnolli.pdf](http://www.cnpso.embrapa.br/rpsrcb2013/palestras/paulo_bertagnolli.pdf). Acesso em janeiro 2014.

BERTI, A.; ZANIN, G. GESTINF: a decision model for post-emergence weed management in soybean (*Glycine max* (L.)). **Crop Protection**. v. 16 n° 2. P. 109-116.1997.

BISIGNANESIA V.; BORGAS M.S. Models for integrated pest management with chemicals in atmospheric surface layers. **Ecological Modelling**. v. 201, p. 2–10. 2006.

BODE, L. **Spray Application Technology. Methods of Applying Herbicides**. Weed Science Society of America. Monograph series 4. p 85-109, 1988.

BOLLER, W., WITT, J. S., BRUGNERA, E. E DE MOURA, B. Aplicações de fungicidas na cultura da soja em diferentes horários do dia, com e sem auxílio à barra de pulverização. In: VI SINTAG-SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, **Anais...**2013. Londrina, PR. FEPAF, 2013.

BONIN DE MELLO, J. A. Uma metodologia para engenharia de requisitos para pequenas equipes de desenvolvimento de software. **Rev. Ciên. Empresariais da UNIPAR**, Toledo, v.6, n.1, jan./jun. 2005.

BUENO, M. R., DE C. NASCIMENTO A. P. E DA CUNHA, J. P. A. R. **Spray deposition by aerial, ground and chemigation applications on corn crop for control of spodoptera frugiperda (Lepidoptera Noctuidae)**. In: VI SINTAG-Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos, Londrina, PR. FEPAF, 2013.

CALAÇA, H. A. **Ferrugem asiática da soja: relações entre o atraso do controle químico, rendimento, severidade e área foliar sadia de soja (Glycine max L. Merrill)**. Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.

CARIGNANO, C.; MARTINEZ, R. J AND PATERNO, C. I. **“TOPSIS fuzzy application program”** - ENDIO - Río Cuarto, Córdoba, Argentina. 2011.

CARRERO, J. M. **Maquinaria para tratamientos fitosanitarios**. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación: Ed. Mundi-Prensa. España. 1996.159 p.

CASALI, A. L. **Atendimento à NR-31 em propriedades rurais e acompanhamento das condições de uso das máquinas agrícolas utilizadas nos processos de pulverização na região central do estado do Rio Grande do Sul**. Santa Maria. 2012. 139p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola / Mecanização Agrícola) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

CASTRO C. J. P., MIRA DA SILVA L., CIPRIANO P. A., TRISTANY M. E CASTRO NETO M. **AGRICULTURA DE PRECISÃO**. Em Inovação e Tecnologia na Formação Agrícola | Programa AGRO Medida 7 Formação Profissional. Associação dos Jovens Agricultores de Portugal. Lisboa. 2009. 141 p.

CHAIM, A. ET AL. Avaliação de perdas na pulverização de agrotóxicos na cultura do feijão. Fitossanitários: **Revista de Eco toxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 10, p. 13-22, 2000.

CHECHETTO, R. G. **Potencial de redução da deriva em função de adjuvantes e pontas de pulverização** / Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2011- 66 p.

CHEN-TUNG C. “Extensions of the TOPSIS for group-decision making under fuzzy environment” - **Fuzzy Sets and Systems** v. 114, p. 1-9, 2000.

CHIKOWO, R.; FALOYA, V.; PETIT, S. AND MUNIER-JOLAIN, N.M. Integrated Weed Management systems allow reduced reliance on herbicide and long-term weed control. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 132, p. 237–242. 2009.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle**. São Paulo: Tee jet South América, 1999.

CIBA-GEYGY LTD. **Water-sensitive paper for monitoring spray distribution**. Application services (AG8. 11) Leaflet, CIBA-GEYGY Application Services, Basle, Switzerland DH-4002. 1985.

COLBACH N. Modelling cropping system effects on crop pest dynamics: How to compromise between process analysis and decision aid. **Plant Science**. v.179, p.1–13. 2010.

COLBACH N., SCHNEIDER A., BALLOT R. AND VIVIER C. Diversifying cereal-based rotations to improve weed control. Evaluation with the alomysys model quantifying the effect of

cropping systems on a grass weed. **Agronomie – environment** ocl v. 17, n° 5 septembre-octobre. 2010.

CORSELIUS, K.L., SIMMONS, S.R., FLORA, C.B., Farmer perspectives on cropping systems diversification in northwestern Minnesota. **Agric. Human Values** 20, p371–383. 2003.

COX, S. Information technology: The global key to precision agriculture and sustainability. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.36, n.2-3, p.93-111. 2002.

CROSS, J. V. **New trends in orchard spraying**. N° 18 p. 587-594. 1988. (Bulletin OEPP/EPPO).

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. CPTEC/INPE Ministério da Ciência e Tecnologia. Para a Cidade de Santa Maria, RS. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/cidades/tempo/4599>. Acesso em janeiro 2014.

CSILLAG, J.M. **Análise do valor**. Atlas: 4 ed. São Paulo, Brasil. 1995. 357p.

CUNHA, J.P.A.R., TEIXEIRA, M.M., VIERA, R. F., FERNANDES H. C. E COURY, J.R. Espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.39, n.10, p.977-985, out. 2004.

CUNHA, J.P.A.R., TEIXEIRA, M.M., COURY, J.R. E FERREIRA, L.R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.21, n.2, p.325-332, 2003.

DAMMER, K.H., THOLE, H., VOLK, T. AND HAU, B. Variable-rate fungicide spraying in real time by combining a plant cover sensor and a decision support system. **Precision Agric.** V. 10. P. 431–442. 2008. (DOI 10.1007/s11119-008-9088-7).

DÁVILA, R. E. **Administración y Planificación de Maquinaria Agrícola**. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Colección Estudios. Caracas. Venezuela. 2005. 239 p.

DEBAEKE, P. AND CHABANIS, J. An integrated simulation model of yield loss by a fungal pathogen: Stem canker (*Phomopsis helianthi*) in sunflower. p. 73-74. 1999. (**Proc. 1st Int. ESA Symp.** Modelling Cropping Syst. Lleida, Spain).

DE MELLO B. A. Y CAIMI L. L. Simulação na validação de sistemas computacionais para a agricultura de precisão. **R. Bras. Eng. Agric. Ambiental**, Campina Grande Nov./Dec. v.12, n.6,

p.666–675. 2008.

DE SOUZA A., LOURENZANI W. L. E RAMOS, Q. T. **Análise da evolução da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários.** XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção Maturidade e desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. São Carlos, SP, Brasil. 2010.

DIAS, C. **Pesquisa qualitativa – características gerais e referências.** 2000. Disponível em < <http://www.geocities.com/claudiaad/qualitativa.pdf> > Acesso em julho 2010.

DOERGE, T.A. **Management Zone Concepts.** Potash & Phosphate Institute, SSMG-2. 2000. 4p.

DORINI G., KAPELAN, Z. AND AZAPAGIC A. Managing uncertainty in multiple-criteria decision making. **Clean Techn Environ Policy.** v.13, p.133–139. 2011. (DOI 10.1007/s10098-010-0291-7).

DORNELLES, M.E. **Inspeção técnica de pulverizadores agrícolas no Rio Grande do Sul.2008.** 111f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. Brasil. 2008.

ECKERT, E., BELL, A. Invisible force: farmers' mental models and how they influence learning and actions. **J. Extension**, 43 (Online). 2005.

ECKERT, E., BELL, A. Continuity and change: themes of mental model development among small-scale farmers. **J. Extension**, 44 (Online). 2006.

ERENO, L.H. **Estudo comparativo entre a utilização real e a determinada pelo planejamento da mecanização agrícola em empresas rurais de soja e arroz. 2008.** 102 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. Brasil. 2008.

ESCOLÁ, A. **Agricultura de precisión y aplicación de productos fitosanitarios.** En Tecnología de aplicación de agroquímicos. Capítulo 15. Red CYTED-Pulso. Ed. INTA. ARG. p. 179-196. 2010.

ETIENNOT, A .E. **Cuarto Curso de Actualización para Pilotos Aeroaplicadores.** (Pergamino-BA, 01 al 07 de Septiembre de 1990) Instituto Nacional de Aviación Civil (INAC), Buenos Aires. 119 p. (Ed.).1990.

ETIENNOT, A. E. **Pulverizaciones terrestres**. En: Jornada "Aplicación Terrestre". (12 y 13 de agosto de 1993) (Ed: Etiennot, AE) Secretaría de Extensión Universitaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Santa Fe, 20 p. 1993.

EURODEMO. **Status report on decision-making processes and criteria, Deliverable reference number: D 4-1**, European Platform for Demonstration of Efficient Soil and Groundwater Remediation, Project no. (GOCE) 003985, 2005. [<http://www.eurodemo.info>>Project Information (2)]. Accessed July 2009.

FABRE F., Plantegenest M., and Yuen J. Financial Benefit of Using Crop Protection Decision Rules. Rev. **The American Phytopathological Society**. V. 97, n°. 11, p. 1485. 2007.

FANCELLI, A.L. E DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Livraria e Editora Agropecuária, Guaíba, RS. v.1, 360p. 2000.

FEICK, R.D. AND BRENT HALL, G. Balancing consensus and conflict with a GIS-based multi-participant, multi-criteria decision support tool. **Geo Journal**. v. 53, p. 391–406, 2002.

FERNANDES D. S., J. M. **Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas**. Instituto Biológico, Centro de Sanidade Vegetal, São Paulo, Sp, Brasil. Pp 109-116. 2012. Disponível em <<http://www.biologico.sp.gov.br/rifib/IIIRifib/109-116.pdf>> Acesso em julho 2013.

FERREIRA, M.C. **Caracterização da cobertura de pulverização necessária para controle do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (G., 1939) em citros**. 64 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, Brasil. 2003.

FERREIRA, M. C., BOLLER, W., E BRUGNERA E. **Eficácia de pontas de pulverização e critérios para o início das aplicações de fungicida no controle da ferrugem da soja**. In: VI SINTAG-Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos, Londrina, PR. FEPAF, 2013.

FINHOLDT, G., RIBEIRO, C.B.M., PINTO, F.A.C. Programa computacional para a localização de plantas daninhas utilizando processamento de imagens digitais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 3, 2005, Sete Lagoas, MG. **Anais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005, 5p.

GALON, L., PINTO, J. J. O., et al. Períodos de interferência de *Brachiaria plantaginea* na cultura do milho na região sul do Rio Grande do Sul. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 4, p. 779-788, 2008.

GARCIA, E.; ALVES FILHO, J. P. **Aspectos de prevenção e controle de acidentes no trabalho com agrotóxicos**. São Paulo: FUNDACENTRO, 2005. 53p.

GIL, M. E. Pérdidas de productos fitosanitarios por deriva. **Máquinas y Tractores Agrícolas** Marzo Nº 3. España. 1993.

GIL M. E., LLORENS C.J., LLOP C. J. Y QUERALTÓ A. M. **Desarrollo de un prototipo para la aplicación variable de productos fitosanitarios en viña. Mejora de la calidad del producto y reducción del riesgo de contaminación ambiental**. Unitat de Mecanització Agrària Departament d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia Universitat Politècnica de Catalunya. España. 2010.

GRAHAM-BRYCE, I.G. The behaviour of pesticides in soil. In: Greenland, D.J.; Hayes, M.H.B. (Ed.). *The chemistry of soil processes*. **New York: J. Wiley**, p.621-670. 1981.

GRIFFIN, T. AND LOWENBERG-DEBOER, J. Worldwide Adoption and profitability of precision agriculture: Implications for Brazil, **Revista de Política Agrícola**, EMBRAPA, Brasil. v.14, n° 4. P. 20-38. 2005.

HANCOCK, D. **Site-Specific Farming on Small Farms**. Topics in Precision Agriculture. University of Kentucky, College of Agriculture, Cooperative .Extension Service. 2002. (URL: [http://www.bae.uky.edu/~precag/PrecisionAg/Extension\\_pubs.htm](http://www.bae.uky.edu/~precag/PrecisionAg/Extension_pubs.htm) (10/12/2006).

HARDI. **Técnicas de Atomización**. Manual técnico. Tomo 673705-E-93/4 40 pp. 1993.

HARPER, S. A. Mathematical models for dispersal of aerosol droplets in an agricultural setting. **Gazette of the Australian Mathematical Society**. v.34, n°4. 2008. 183 p. (Disponível em: [http://www.austms.org.au/publ/Gazete/.](http://www.austms.org.au/publ/Gazete/))

HAVLIN, J. L. AND HEINIGER, R. W. A variable-rate decision support tool. **Precision Agric.** v.10, p. 356–369 .2009. (Em: DOI 10.1007/s11119-009-9121-5-2009).

HERNAN, R. AND LANGENAKENS, J. Model-based improvement of spray distribution by



optimal positioning of spray nozzles. **Crop Protection**. v. 15, n°15, p 153-158. 1996.

ILEMO HARDI SAU. **Boquillas ISSO HARDI**. Catálogo de Productos. 27 p. 2009. Disponível em: <http://www.hardi-Nozzles.com>. Acesso em março 2013.

INSTITUTO DE INGENIERÍA RURAL. Trabajos de investigación en tecnologías de aplicación de agroquímicos. Ensayos de tecnologías de aplicación de fungicidas en soya. **Memoria Anual 2005 CIA-CNIA Castelar**. pp. 14-24. 2005. Argentina.

INTERNATIONAL STANDARD ISSO 10625. **Equipment for crop protection- Sprayer nozzles – Colour coding for identification**. ISO 10625:1996 (E).

JACTO. **Manual Jacto Boquillas Jacto**. Manual de Orientación. 28 p. Disponível em: <http://www.jacto.com.br>. Acesso em março 2013.

JONES, V. P.; BRUNNER, J. F.; GROVE, G. G.; PETIT, B.; TANGRENA, G. V. AND JONES, W. E. A web-based decision support system to enhance IPM programs in Washington tree fruit. **Pest Manag Sci**. v. 66, p. 587–595. 2010. Em: ([www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com)) DOI 10.1002/ps.1913)

JUNG, C. F. **Metodologia Científica – ênfase em pesquisa tecnológica**. 2003. Disponível em <<http://www.ceset.unicamp.br>> Acesso em julho 2010.

KISSMANN, K.G. Rumos e tendências da pesquisa em tecnologia de aplicação de agrotóxicos: uma visão da indústria química. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2, 2005, Jundiaí, SP. **Anais**. São Paulo: BASF, v.1, 9 p. 2005.

KITCHEN, N. R. Emerging technologies for real-time and integrated agriculture decisions. **Computers and Electronic in Agriculture**. V. 6 (I), p. I-3. 2008.

KNOB, M.J. **Aplicação de técnicas de agricultura de precisão em pequenas propriedades**. 2006. 129 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. Brasil. 2006.

LARSSON, H. A crop loss model and economic thresholds for the grain aphid, *Sitobion avenae* (F.), in winter wheat in southern Sweden. **Crop Protection**. v. 24, p. 397–405. 2004.

LEIVA, PD. **Calidad de aplicación de plaguicidas**. En: Primera Jornada de Control Químico de Enfermedades del trigo en sistemas de manejo para alta productividad. Bolsa de Cereales de Buenos Aires, 27 y 28 de junio de 1996. Estación Experimental Agropecuaria Pergamino, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina. 12 p. 1996.

LEWIS K. A.; NEWBOLD M. J.; HALL A. M. BROOM. Eco-rating System for Optimizing Pesticide Use at Farm Level Part 1: Theory and Development *J. Agric. Engeng Res.* v. 68, p. 271-279. 1997.

LIMA DA SILVA, M.P. **Avaliação de três sistemas de aplicação de produtos fitossanitários líquidos**. 2004. 60 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. Brasil. 2004.

LOWENBERG-DEBOER, J. **Economic analysis of precision farming**. In: BORÉM, A. et al. (Org.) *Agricultura de precisão*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2000. 467 p.

\_\_\_\_\_. **Camino Sinuoso en la Adopción de Agricultura de Precisión**. Universidad de Purdue. EEUU. 2009. Disponível em: <http://www.elsitioagrícola.com>. Acesso em: set/ 2009.

MACE, K.; MORLON, P.; MUNIER-JOLAIN, N. AND QUEÉRE, L. Time scales as a factor in decision-making by French farmers on weed management in annual crops. *Agricultural Systems*. v. 93, p. 115–142.2006.

MACHADO DOS SANTOS, P., SCHLOSSER, J. F., ROMANO, L. N., ROZIN, D., TURATT, J. DA C., E WITTER, M. Prioridades de requisitos para projeto de postos de operação de tratores quanto à ergonomia e segurança. *Pesq. Agropec. Bras.* Brasília, v.43, n.7, p.869-877, jul.2008.

MACKRELL, D.; KERR, D. AND VON HELLENS, L. A qualitative case study of the adoption and use of an agricultural decision support system in the Australian cotton industry: The socio-technical view. *Decision Support Systems*. v. 47, p. 143–153.2009.

MIALHE, L. G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Ceres, 1974. 301p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Agricultura de Precisão**. MAPA/ Secretária de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. -Brasília: Mapa/ACS. 2011. 31 p.

MARONI J. R. **Agricultura de precisión: avances para realizar aplicaciones de dosis variables mediante máquinas pulverizadoras**. Monografías (PDF) de la Cátedra de Maquinaria

Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Rosario. Argentina. 2011. Disponible em: [www. Renatre.org.ar](http://www.Renatre.org.ar).en Julio/ 2011.

MARQUES DA SILVA, J. R.; PEÇA, J. O.; SERRANO, J. M.; CARVALHO, M. J.; PALMA, P. M. Evaluation of Spatial and Temporal Variability of Pasture Based on Topography and the Quality of the Rainy Season. **Precision Agriculture**. v.9, p.209-229. 2008. (10.1007/s11119-008-9066-0).

MÁRQUEZ, L. **Mejoras en las técnicas y en los equipos de aplicación de fitosanitarios**. Parte I y II. Seminario Post-grado de Ingeniería Agrícola. Facultad de Agronomía UCV. Maracay. 1995. 160 p.

\_\_\_\_\_. Maquinaria para la aplicación de fitosanitarios. Plan para la Tecnificación de Remolacha. España. 1996. 33 p.

\_\_\_\_\_. Técnicas Modernas en la Aplicación de Agroquímicos. **Anais** del VI Congreso Venezolano de Ingenieros Agrícolas. Ven. 1998. 120 p.

\_\_\_\_\_. **Buenas Prácticas Agrícolas en la aplicación de fitosanitarios**. Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones. España. 2008. 124 p. Disponible en: <http://www.060.es> (servicios en línea/oficina virtual/Publicaciones) Acceso em abril 2013.

\_\_\_\_\_. A mecanização agrícola em pequenas propriedades rurais. **AgriWorld**. OIMen Edições LTDA.SP, Brasil. v. 3: (2). p. 68-84. 2011.

MASIN R., VASILEIADIS V.P., LODDO D., OTTO S., AND ZANIN G. A Single-Time Survey Method to Predict the Daily Weed Density for Weed Control Decision-Making. **Weed Science**. v. 59, p. 270–275. 2011.

MATUO, T. Enfoque multidisciplinar da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. In: Simpósio brasileiro de tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. Jaboticabal: UNESP, p.3-11, 1985. (**Anais**).

\_\_\_\_\_. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139 p.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. 2nd ed. London: Longman, 1992. 405 p. MCBRATNEY, A.; BOUMA, J.; WHELAN, B.; ANCEV, T., Future directions of precision agriculture. In: **Precision agriculture**, Springer Netherlands Publisher, v.6, n.1, p.7-23. 2005.

- MOLIN, J.P. **Agricultura de precisão: situação atual e perspectivas**. In: FANCELLI, A.L., DOURADO NETO, D. Milho: Estratégias de Manejo para Alta Produtividade. Piracicaba, 2003, p.89-98.
- MORAES, P. V. Agricultura de precisão no controle de plantas daninhas. **Revista da FZVA**. Uruguiana, v. 15, n.1, p. 01-14. 2008.
- MORGAN, M.G.; FISCHHOFF, B.; BOSTROM, A.; LAVE, L.; ATMAN, C.J. Communicating risk to the public. **Environ. Sci. Technol.** 11, 2048–2056. 1992.
- MUMFORD, J. D.; NORTON, G. A. Economics of decision making in pest management. **Anu. Rev. Entomol.** V. 29, p. 157-174. 1984.
- NUNES, A. L.; TREZZI, M. M. E DEBASTIANI, C. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do milho. **Bragantia**, Campinas. V 69, n 2, p.299-304. 2010.
- OLIVEIRA, A et al. Fungicidas, doses e volumes de calda no controle químico da ferrugem da folha da aveia (puccinia coronata f. sp. avenae). **Revista Engenharia. Agrícola.**, Jaboticabal, v.27, n.esp., p.48-55, jan. 2007.
- OVALLES, F.A. Introducción a la agricultura de precisión. **Revista Digital CENIAP HOY** N° 12 septiembre-diciembre. Ven. 2006. 16 p.
- OZKAN H. E. **Effect of major variables of drift distances of spray droplets**. AEX-525-98. 1998. Ohio State University.
- PAMPLONA, E. DE O.; PAMPLONA, S. V. A. Y MONTEVECHI, A. B. Justificativas para Aplicação do Método de Análise Hierárquica. 19o ENEGEP. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ. 1999.
- PARDOA, G., RIRAVOLOLONAB, M. AND MUNIER-JOLAINB, N.M. Using a farming system model to evaluate cropping system prototypes: Are labour constraints and economic performances hampering the adoption of Integrated Weed Management. **Europ. J. Agronomy.** v. 33, p. 24–32. 2010.
- PLANAS, S. AND PONS, L. **Practical considerations concerning pesticide application in intensive apple and pear orchards**. BCCP. Monografía. N° 46. 1991.
- PENN STATE EXTENSION. Spray Nozzle Selection and Use. Part 2, Section 1: Pest Management. Pesticides and Their Application. Agronomy Guide. Disponibilizado em <http://www.extension.psu.edu/agronomy-guide/pm/sec1/sec110g>. 2013 Acesso em 29/05/13.

PEREIRA, D.I. **Controle químico e biológico da mosca-minadora *Liriomyza huidobrensis* Blanchard, 1926 (Diptera: Agromyzidae) na cultura da batata *Solanum tuberosum* L. na região Sul de Minas Gerais.** Lavras: UFLA, 1999. 85p. (Dissertação - mestrado em Entomologia).

RAMOS H.H. No lugar certo. **Cultivar-Máquinas**, Londrina, n.6, p. 16-19, 2001.

RAMOS, H.H. Perdas ligadas a má aplicação de agrotóxicos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2, 2005, Jundiaí, SP. **Anais...** Jundiaí: Instituto Agrônomo, Centro de Mecanização e Automação Agrícola, v.1, 7p. 2005.

REIS, A. V. **Desenvolvimento de uma concepção para a dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas.** Proposta de Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica- CTC/EMC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2000. 84 p.

RIBEIRO JUNIOR, L. C. M. **Uma arquitetura de software para sistemas espaço-temporais baseados na Web para agricultura de precisão.** Tese Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2007. 190 p.

RIBEIRO, M. P. F.; SOUSA, V. P. **Elaboração de trabalhos acadêmicos.** 2006. Disponível em <<http://www.normalizacao.ufjf.br>> Acesso em 10 julho 2010.

RODRIGUEZ, D. AND SADRAS, V. O. Opportunities from integrative approaches in farming systems design. **Field Crops Research.** v. 124,p.137–141. 2011.

RODRIGUES, L. R., FERREIRA DA SILVA, P. R. Indicações técnicas para o cultivo do milho e do sorgo no Rio Grande do Sul: Safras 2011/2012 e 2012/2013. Porto Alegre: FEPAGRO, 2011. 140 p.

RODRIGUES, W.C. **Metodologia Científica.** 2007. Disponível em <<http://www.ebrs.bio.br>> Acesso em julho 2010.

SALLES, L. E GRUTZMACHER A. D. Eficiência do inseticida clorpirifós no controle de larvas de *Diabrotica speciosa* (Germ.) (Coleóptera: Chrysomelidae) na cultura da batata. **Ciência Rural** v. 29 n: 2 1999 p195

SALYANI, M. Optimization of deposition efficiency for airblast sprayers. **Transactions of the ASAE.** v. 43 (2): 247-253. 2000. USA.

SASAKI, S. R., TEIXEIRA, M. M., BATISTA, D. A. C. E FERNANDES, H.C. Déficit de pressão. **Cultivar Máquinas**. pp. 36-38. set. 2012.

SCHLOSSER, J. F. **Administração de máquinas agrícolas**. Santa Maria: Núcleo de Ensaios de Máquinas Agrícolas, Centro de Ciências Rurais, UFSM, 1998. 100p. Série Técnica Módulo 6.

\_\_\_\_\_. **Tecnologia de aplicação e uso de máquinas: uso de agroquímicos**. (Caderno didático). Gráfica e Editora da UFSM. Santa Maria, 2002. Série Técnica, Módulo 5.

\_\_\_\_\_. Test Drive MF 9030. **Cultivar Máquinas**. Edição N° 104. Ano X. Fevereiro. Brasil. P. 22-27. 2011

SERRANO, J. M.; PEÇA, J. O.; PALMA, P. M.; SILVA, J. R.; ROMA, J. S.; CARVALHO, M.; CRESPO, D.; MENDES, J.; CASAS A. Variable application of fertiliser in permanent pastures. **Grassland Science in Europe**. v.11, n° 4, p. 688-690. 2006. (ISBN 84 689 6711).

SILVA, P. **Maquinaria para la siembra directa: Equipos para la aplicación de fitosanitarios**. I Taller de Actualización Agronómica en maíz. CARGILL de Venezuela. 1997. p.: 18-25

\_\_\_\_\_. **Evaluación del efecto de la temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, sobre la calidad y eficiencia de la pulverización realizada al cultivo de maíz (Zea mays L), en su primera fase de desarrollo, bajo condiciones experimentales**. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 190 p. 2005.

SIPAHI S. AND TIMOR M. The analytic hierarchy process and analytic network process: an overview of applications. **Management Decision** v. 48 n°. 5, p. 775-808. 2010.

SOARES, R. M.; RUBIN, S. A. L.; Wielewicki, A. P.; OZELAME, J. G. Fungicidas no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e produtividade da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v. 34, n. 4, p. 1245-1247, 2004.

SØRENSENA, C.G.; PESONENB, L. ; BOCHTISC, D.D. ; VOUGIOUKASC, S.G. AND SUOMIB, P. Functional requirements for a future farm management information system. **Computers and Electronics in Agriculture**. v. 76, p. 266–276. 2011.

SORVARI, J. AND SEPPÄLÄ, J. A decision support tool to prioritize risk management options for contaminated sites. **Science of the Total Environment**. v. 408, p. 1786–1799. 2010.

SOUTHCOMBE E. S. E.; MILLER, P C H; GANZELMEIER H. ; VAN DE ZANDE, J C; MIRALLES A. E HEWITT A. J. **BCPC- 2005 The International (BCPC) Spray classification system including a drift potential factor the 1997 Brighton Crop Protection Conference – weeds.** 5a-1. p. 371-380. 2005.

SOUZA, J.C. de; SALGADO, L.O.; RIGITANO, R.L. de; REIS, P.R. Danos causados pela mosca-minadora *Liriomyza huidobrensis* Blanchard, 1926 (Diptera:Agromyzidae) na cultura da batata *Solanum tuberosum* L., no plantio de inverno no Sul de Minas Gerais, e eficiência do aldicarb no seu controle. **Ciência e Agrotec.** Lavras: v.22, p.22-29, 1998.

SPRAYING SYSTEMS CO. **Catálogo 50-P**; Tee Jet Technologies. Wheatom: Spraying Systems Co. 192 P. 2012.

STEWART, T.M. ; KNIGHT T, J.D. ; MANKTELOW, D.W.L. AND MUMFORD , J.D. SPRAYCHECK - a model for evaluating grower timing of black spot (*Venturia inaequalis*) fungicides in apple orchards. **Crop Protection.** v. 17, n°. 1, p. 65-74, 1998.

SULLIVAN T, YATSALO B, GREBEKOV A, LINKOV I. Decision Evaluation for Complex Risk Network Systems (DECERNS) software tool. In: Marcomini A, Suter II GW, Critto A, editors. **Decision Support Systems for Risk-Based Management of Contaminated Sites.** Berlin: Springer; 2009. p. 257–74.

TANGA S.; XIAO Y., CHEN L.; CHEKE R. A. Integrated pest management models and their dynamical behavior. **Bulletin of Mathematical Biology.** v. 67, p. 115–135. 2004.

TORRE-NETO, A. Conceitos, princípios, vantagens e potencialidades da agricultura de precisão. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2. 1997, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa – CNPT. p. 37-42. 1997.

VIERI, M. Mecanización de los tratamientos fitosanitarios. ¿Cómo optimizar la defensa de las plantas?. **Máquinas y Tractores Agrícolas.** España. N° 12, p 41-56. 1992.

VILLALBA, L.; HETZ, E. **Deriva de productos agroquímicos-Efectos de las condiciones ambientales.** Capítulo 3. Red CYTED-Pulso. Ed. INTA. ARG. p. 179-196. 2010.

VEIGA M. C.; ANTUNIASSI, R. U. Determinação da eficiência operacional para a aplicação de herbicidas na cultura da soja. **Revista Energia na Agricultura.** Botucatu, vol. 23, n.2, 2008, p.01-13

VINCENT P. JONES, JAY F. BRUNNER, GARY G. GROVE, BRAD PETIT, GERALD V. TANGRENA AND WENDY E. JONES. A web-based decision support system to enhance IPM programs in Washington tree fruit. **Pest Manag Sci** 2010; 66:587–595

WAY, M. J.; VAN EMDEN, H. F. Integrated pest management in practice—pathways towards successful application. **Crop Protection**. v.19, p.81-103. 2000.

WEIS, M.; GUTJAHR, C.; RUEDA AYALA, V.; GERHARDS, R.; RITTER, C. AND SCHÖLDERLE, F. Precision farming for weed management: techniques. **Gesunde Pflanzen**. v. 60, p.171–181. 2008. (DOI 10.1007/s10343-008-0195-1).

WILSON, R.S.; HOOKER, N.; TUCKER, M.; LEJEUNE, J.; DOOHAN, D. Targeting the farmer decision-making process: A pathway to increased adoption of integrated weed management. **Crop Protection**. v. 28, p. 756–764.2009.

ZANON, A. J. et al. Produtividade da Batata. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 44, n. 4, p. 858-868, out-dez, 2013.

ZHENG, J.; TIAN, L. Dynamic deposition pattern simulation of modulate spraying. **Transactions of the ASAE**. 43(1): 5-11. 2000. USA.



## **Glossário**

---

## Expressões técnicas

**DBE (Q<sub>2</sub>):** volume de aplicação Biologicamente eficiente, correspondente ao cenário Biologicamente eficiente no SISD-TAP.

**DCR (Q<sub>3</sub>):** volume de aplicação Crítica, correspondente ao cenário Clima/Alvo no SISD-TAP.

**DDS:** dias depois da sementeira.

**Dprd (Q<sub>1</sub>):** volume de aplicação de planejamento do produtor, correspondente ao cenário Normalizado no SISD-TAP.

**DPV:** déficits da pressão de vapor do ar.

**F (v/a):** índice de volume/altura da localização do alvo dentro do dossel vegetal.

**IAF:** índice de área foliar.

**Impactos.cm<sup>-2</sup>:** cobertura das pulverizações alcançadas sobre o alvo atingido.

**NMD:** diâmetro médio numérico da população de gotas pulverizadas.

**SISD-TAP:** Sistema de Apoio à Decisões em Tecnologia de Aplicação de Precisão

**SPAM:** coeficiente de heterogeneidade da pulverização (relação entre VMD e NMD).

**VMD:** diâmetro médio volumétrico da população de gotas pulverizadas.

**T $\tau$ :** índice do tempo de aplicação das regras de decisão das valorações estabelecidas para o DPV e Velocidade do vento.

**Vv:** velocidade do vento.

**%DV100:** percentagem de gotas menores que 100 micrometros de diâmetro.

## APÊNDICES

---

## **APÊNDICE A**

### **Questionário Fatores de Influência SISD-TAP**

## Cópia Impressa

miércoles, 19 de junio de 2013 02:36 p.m.

Editar formulário - [ Questionário Fatores de Influência SISD-TAP ] - Google Docs

Page 1 of 7

**Questionário Fatores de Influência SISD-TAP**

Olá, bem vindo!

O questionário Fatores de Influência SISD-TAP tem a finalidade de reunir informações para subsidiar o desenvolvimento de um programa de análise, aplicação e avaliação, denominado Sistema de Apoio à Decisão em Tecnologia de Aplicação de Precisão (SISD-TAP) com modelos que descrevem e preveem os processos envolvidos na tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas.

Neste primeiro momento, objetivamos determinar e identificar os fatores relacionados à tecnologia de aplicação de agrotóxicos no controle de pragas que estabeleçam vantagens e/ou limitações na sustentabilidade dos sistemas de produção. Ainda visamos avaliar nível de importância dos fatores (efetuar uma hierarquização), estabelecendo os critérios e as variáveis fundamentais a considerar para o desenvolvimento dos modelos de tomada de decisão do sistema.

É de muita importância a atenção no preenchimento das informações.

Obrigado pela cooperação,

**A- Identificação****Nome: \*****Profissão: \*****Contato: \***

email, telefone, fax ou outro

**Campo de atuação profissional \*****Instituição ou empresa relacionada: \***

Página 2

Após a página 1

[Continuar para a próxima página](#)**Experiência Profissional****Cultivos em que possui experiência em produção, assistência técnica ou pesquisa: \***

mhtml:file:///C:/Users/Pablo Silva/Documents/semestre 1-2013/Projeto Teses Doutorado/... 19-06-2013

## Página 2

miércoles, 19 de junio de 2013 02:36 p.m.

Editar formulário - [ Questionário Fatores de Influência SISD-TAP ] - Google Docs

Page 2 of 7

Se você é um agricultor indique área cultivada.

Em caso de produtor, mencione: marca e modelo dos equipamentos para aplicação fitossanitária que possui em sua fazenda, além de: capacidade do depósito de calda (tanque), largura de barras (de trabalho) e/ou outra informação que julgue importante.

Página 3

Após a página 2

Continuar para a próxima página

## B- Fatores de Influência para o desenvolvimento de SISD-TAP

Pretende-se realizar uma análise para inter-relacionar todas as variáveis que influenciam a tecnologia de aplicação e os fatores caracterizados (cultivo, clima, pragas, tecnologia e sócio-econômicos) de um estudo sistemático que possibilitará identificar os requisitos e as necessidades do sistema de tomada de decisão. Estabelecendo os benefícios e restrições para desenhar e selecionar modelos especialistas técnicos, poderão ser inter-relacionados com as estratégias técnicas e os cenários futuros que irão responder às questões identificadas no campo.

### 1. Alvo Biológico (zona a ser atingida dentro do cultivo) \*

Com relação ao Alvo Biológico. Seleccione cinco (5) fatores dos listados em seguida que você consideraria os mais relevantes para a aplicação de produtos fitossanitários.

- Tipo (Cereal, leguminosa, hortícola, frutal)
- Índice de área foliar (IAF)
- Densidade folhar de planta
- Fenologia (Estágio de Crescimento)
- Dossel (arquitetura)
- População de plantas (n° de plantas/ha)
- Duração do ciclo da cultura
- Altura de plantas
- Umidade superficial das folhas (orvalho)
- Outro:

Página 4

Após a página 3

Continuar para a próxima página

## Página 3

miércoles, 19 de junio de 2013 02:36 p.m.

Editar formulário - [ Questionário Fatores de Influência SISD-TAP ] - Google Docs

Page 3 of 7

**2. Pragas, Fungos e Doenças e os Produtos fitossanitários \***

Com relação às Pragas, Fungos e Doenças que precisam ser controladas e aos Produtos fitossanitários utilizados. Selecione cinco (5) fatores dos listados em seguida que você consideraria os mais relevantes na aplicação.

- Tipo de Praga (planta daninha, vírus, inseto, fungo)
- Localização do alvo
- Nível de dano econômico
- Potencial de dano da praga
- Resistência das pragas
- Ecologia das pragas
- Mobilidade da praga
- Seleção de produto fitossanitário
- Toxicidade do produto fitossanitário
- Seletividade do produto (à cultura e à praga)
- Período de carência do produto (tempo mínimo entre a aplicação e a colheita)
- Necessidade de coadjuvantes (surfactantes, adjuvantes, redutor de pH, entre outros)
- Outro:

Página 5

Após a página 4

[Continuar para a próxima página](#)**3. Condições Agroclimáticas \***

Com relação às condições Agroclimáticas nas quais se efetuam as aplicações de produtos fitossanitários. Selecione cinco (5) fatores dos listados em seguida que você consideraria os mais relevantes na aplicação.

- Tipo de solo (textura, umidade)
- Temperatura do ar
- Umidade relativa do ar
- Velocidade e direção do vento
- Precipitação
- Ponto de orvalho
- Inversão térmica ambiental
- Relevo e microrrelevo (declividade)
- Trafegabilidade do solo
- Tamanho e forma do talhão
- Outro:

mhtml:file:///C:/Users/Pablo Silva/Documents/semestre 1-2013/Projeto Teses Doutorado/... 19-06-2013

## Página 4

miércoles, 19 de junio de 2013 02:36 p.m.

Editar formulário - [ Questionário Fatores de Influência SISD-TAP ] - Google Docs

Page 4 of 7

Página 6

Após a página 5

[Continuar para a próxima página](#)**4. Técnica de Aplicação \***

Com relação à Técnica de Aplicação de produtos fitossanitários utilizadas para os controles. Selecione cinco (5) fatores dos listados em seguida que você consideraria os mais relevantes na aplicação.

- Equipamentos de pulverização (Autopropelido, montado no trator, de arrasto, avião, costal)
- Tipo e tamanho (Vazão) de bicos
- Propriedades físico-químicas do produto aplicado
- Largura da barra, Capacidade do depósito
- Doses- concentração- mistura , Taxa de aplicação
- Tamanho de gota (VMD, SPAN, NMD, média, fina ou grossa)
- Perdas de produto (deriva, evaporação, escoamento superficial)
- Capacidade de trabalho (Ritmo operacional, Tempo disponível para a aplicação)
- Calibração de equipamentos
- Velocidade de operação, Pressão de trabalho
- Outro:

Página 7

Após a página 6

[Continuar para a próxima página](#)**5. Sustentabilidade \***

Com relação à Sustentabilidade dos controles realizados. Selecione cinco (5) fatores dos listados em seguida que você consideraria os mais relevantes na aplicação de produtos fitossanitários.

- Formação e educação do agricultor
- Perdas de rendimento dos cultivos devido às pragas
- Custos de produção
- Rendimento e produtividade da cultura
- Impacto e Risco ambiental
- Normalização ambiental e de segurança
- Índices ou indicadores de risco ambiental por contaminação da água e solo
- Retorno econômico dos tratamentos
- Perda de renda por não controlar as pragas
- Preços do Produto colhido
- Outro:

Página 8

Após a página 7

[Continuar para a próxima página](#)

mhtml:file://C:\Users\Pablo Silva\Documents\semestre 1-2013\Projeto Teses Doutorado\... 19-06-2013



## Página 5

miércoles, 19 de junio de 2013 02:36 p.m.

Editar formulário - [ Questionário Fatores de Influência SISD-TAP ] - Google Docs

Page 5 of 7

**6. Planejamento \***

Em relação ao planejamento de uma aplicação de produtos fitossanitários, qual seria o grau de importância que você atribuiria aos seguintes fatores:

	Muito importante	Medianamente importante	Pouco importante	Sem importância
Biológicos (cultura, pragas, animais, entre outros)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Econômicos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tecnológicos (técnicas de manejo e tecnologias utilizadas)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sociais (pessoas direta e indiretamente envolvidas nas aplicações)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Agrícolas (referido à produção agrícola)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ambientais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Informáticos (computacionais)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Políticos-legais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**7. Segundo sua experiência, qual o tratamento (controle de pragas) mais adequado? \***


Página 9

Após a página 8

**8. Segundo sua experiência, qual destas situações mais influencia o melhor momento de aplicação do produto fitossanitário para o controle de pragas nas culturas? Pode-se assinalar no máximo cinco (5) alternativas \***

- Quando a cultura encontra-se em estágio reprodutivo (início da floração).
- Quando as condições climáticas são favoráveis (pragas ou aplicação)
- Quando as pragas alcançam o limiar econômico de infestação (nível de dano econômico ou prejuízo devido ao ataque das pragas)
- Quando o equipamento de pulverização encontra-se em ótimo estado de funcionamento (calibrado e ajustado às condições operacionais).
- Quando existe o menor risco de contaminação ambiental.
- Quando se verifica apenas a presença da praga.

## Página 6

miércoles, 19 de junio de 2013 02:36 p.m.

Editar formulário - [ Questionário Fatores de Influência SISD-TAP ] - Google Docs

Page 6 of 7

- Quando há informações de infestação em locais próximos ao cultivo.
- Quando o consultor técnico recomenda fazer a aplicação.
- Quando é possível conseguir uma gota biologicamente eficiente na aplicação.
- Quando o custo da aplicação é menor.
- Quando existe o menor risco de exposição dos operadores aos produtos fitossanitários.
- Outro:

Página 10

Após a página 9

[Continuar para a próxima página](#)**9. Quais destas variáveis permitiriam fazer uma correta avaliação da eficiência e eficácia de um controle químico fitossanitário? Pode-se assinalar no máximo cinco (5) alternativas \***

- Número de impactos (gotas) por unidade de área coberta.
- Capacidade operacional (Ritmo operacional) do equipamento.
- Eliminação da praga.
- Redução da perda de produtividade devido às pragas.
- Menor tempo de operação.
- Diminuição dos volumes de aplicação.
- Redução do custo de produção.
- Resultados de acordo com o planejado.
- Diminuição das perdas por deriva, evaporação e escoamento da pulverização.
- Menor Índice ou indicador de risco ambiental por contaminação.
- Maior produtividade da cultura e maior qualidade do produto colhido.
- Outro:

Página 11

Após a página 10

[Continuar para a próxima página](#)**C- Sistemas de Informação por Computação**

Os sistemas de informação por computação podem permitir ao produtor desenvolver e implementar alternativas para o manejo da gestão do controle das pragas em suas lavouras, para antecipar as necessidades de técnicas e métodos de forma adequada, bem como melhorar e coordenar o uso de várias combinações de técnicas de manejo visando a maximizar a produtividade do sistema com o menor impacto ao ambiente.

## Página 7

miércoles, 19 de junio de 2013 02:36 p.m.

Editar formulário - [ Questionário Fatores de Influência SISD-TAP ] - Google Docs

Page 7 of 7

**10. Quais destas variáveis deveriam ser as saídas a serem oferecidas por um Sistema de decisão em tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários para ajudar na Gestão, Planejamento e execução de controles das pragas nas culturas? Pode-se assinalar no máximo cinco (5) alternativas \***

- Parâmetros operacionais (doses, velocidade, tamanho de gota, altura de barra)
- Custos estimados
- Produtividade estimada
- Eficiência estimada
- Tempo de operação, capacidade operacional
- Lucro líquido estimado
- Impacto ambiental da aplicação
- Melhor momento de aplicação
- Simulação e modelagem
- Georreferenciamento
- Seleção do produto fitossanitário a aplicar
- Outro:

**11. Na sua opinião, será possível utilizar com sucesso sistemas de informação por computação no planejamento das aplicações de produtos fitossanitários? Explique brevemente. \***

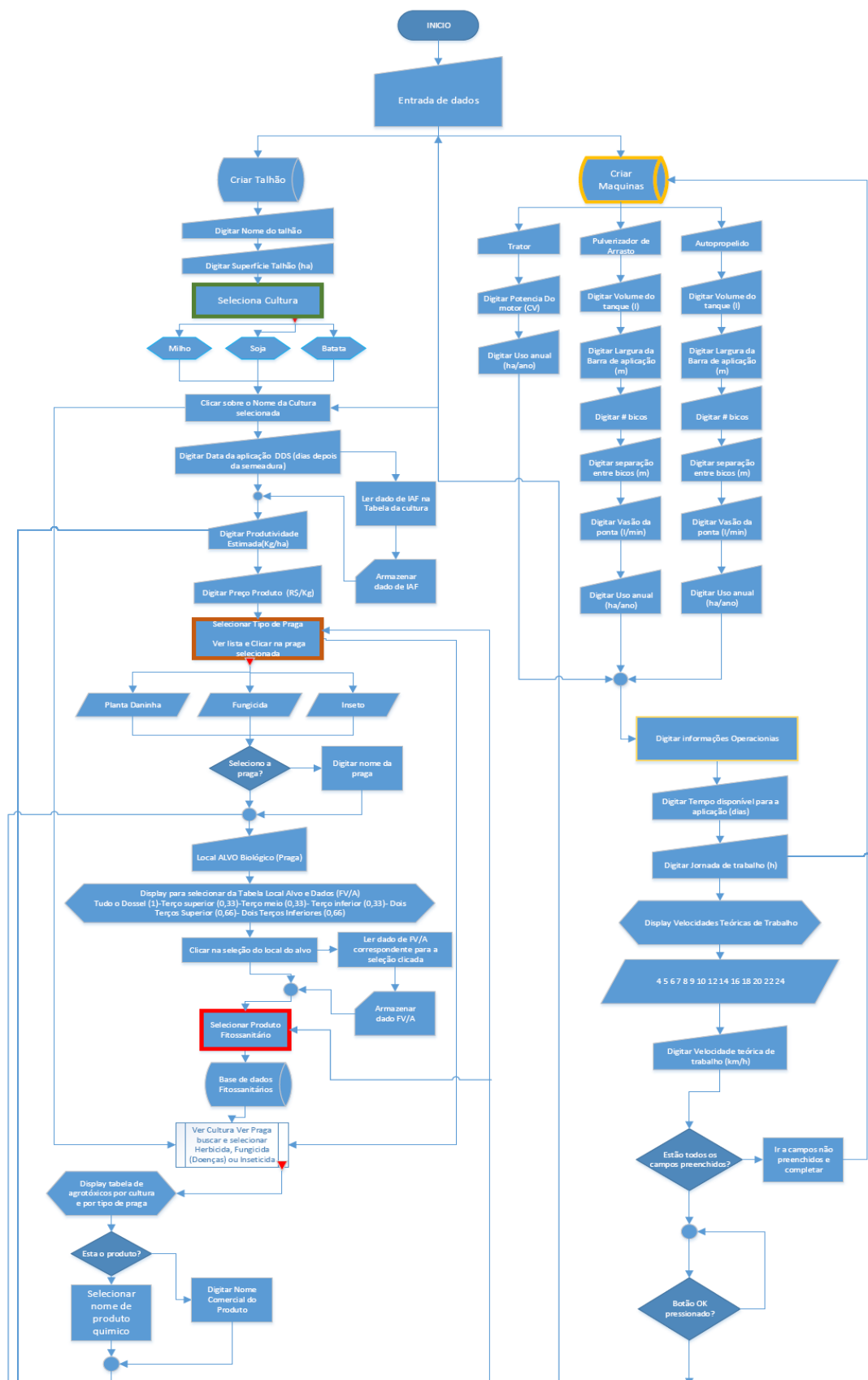
## APÊNDICE B

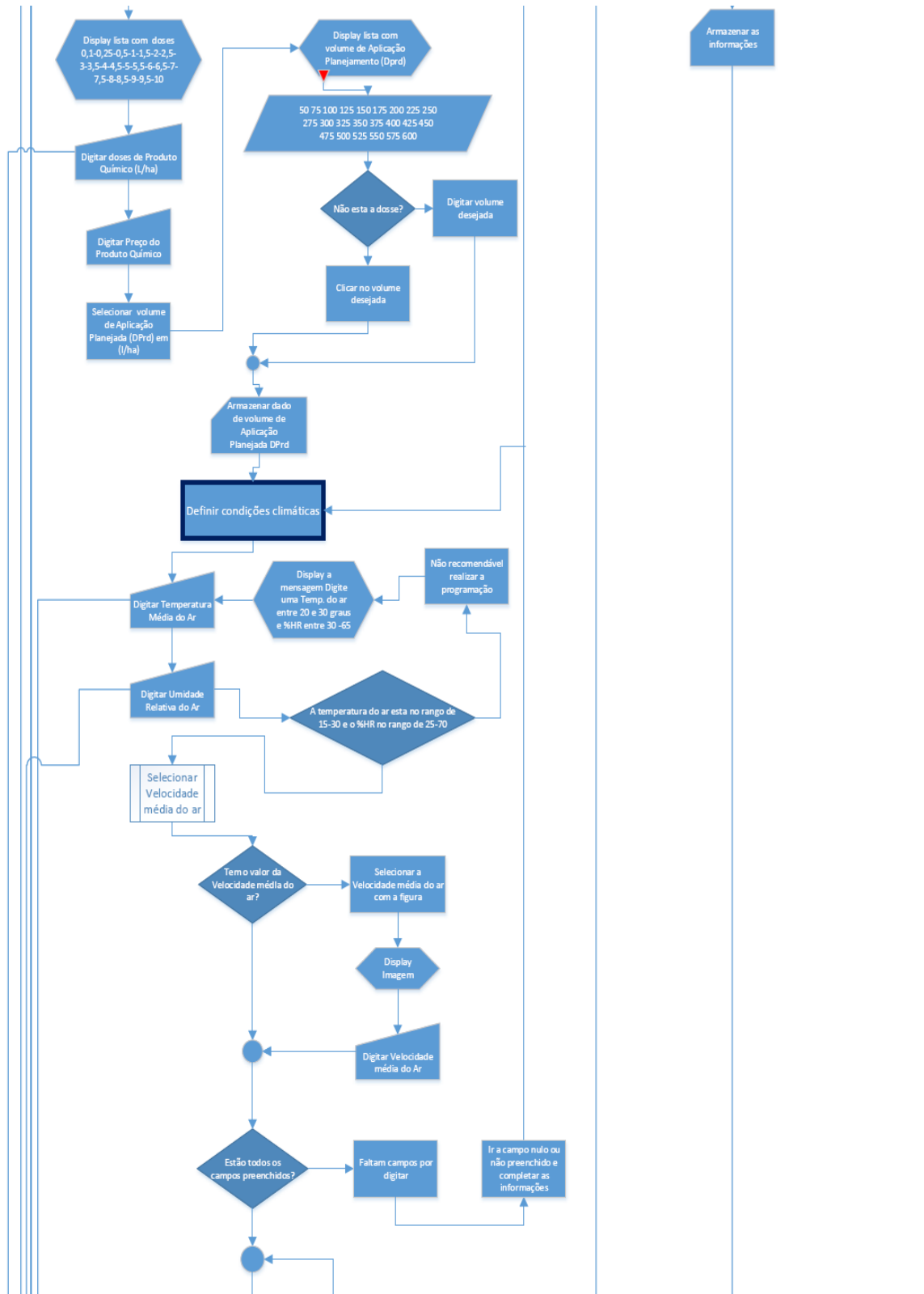
## FLUXOGRAMA SISD-TAP

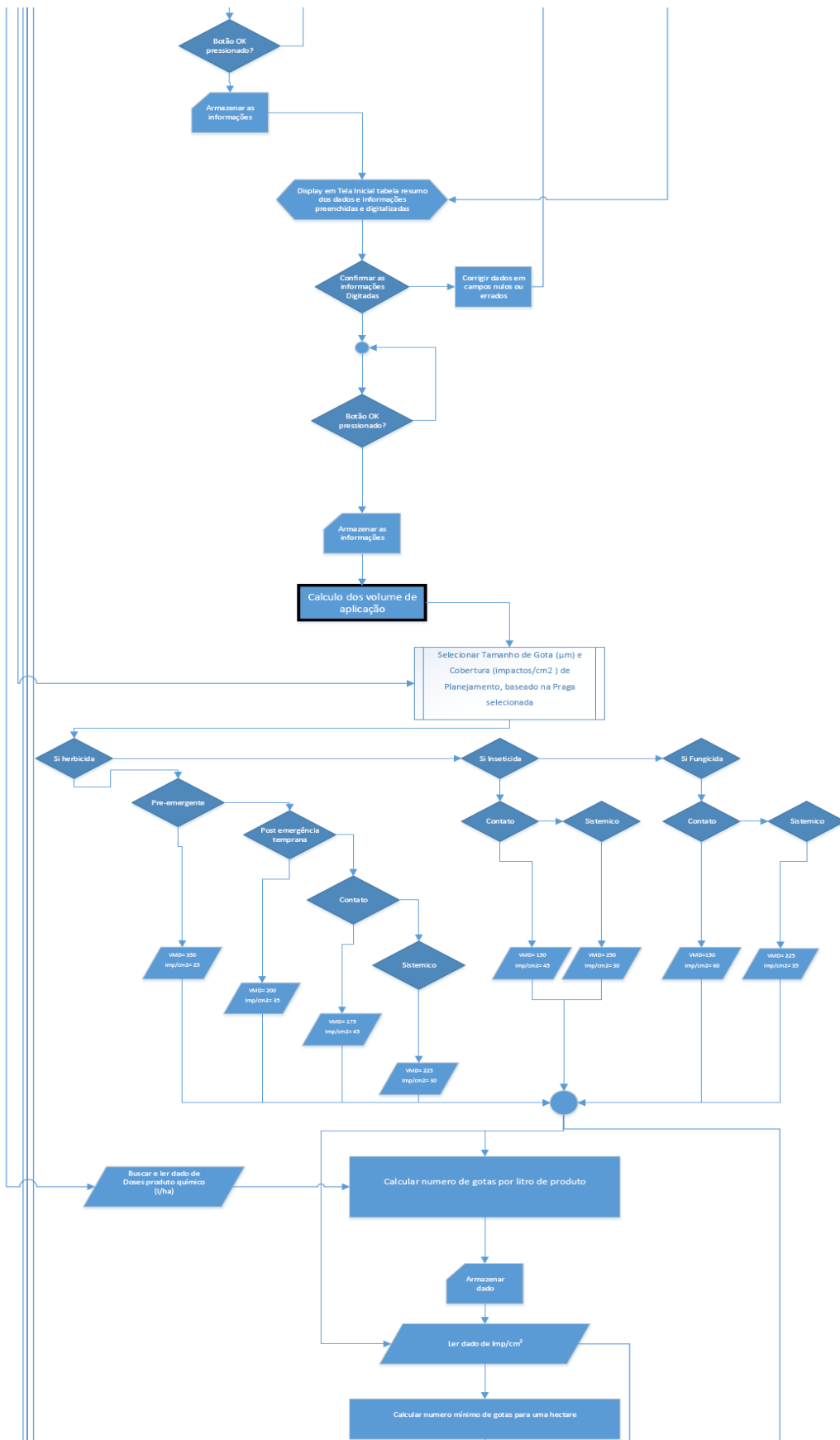


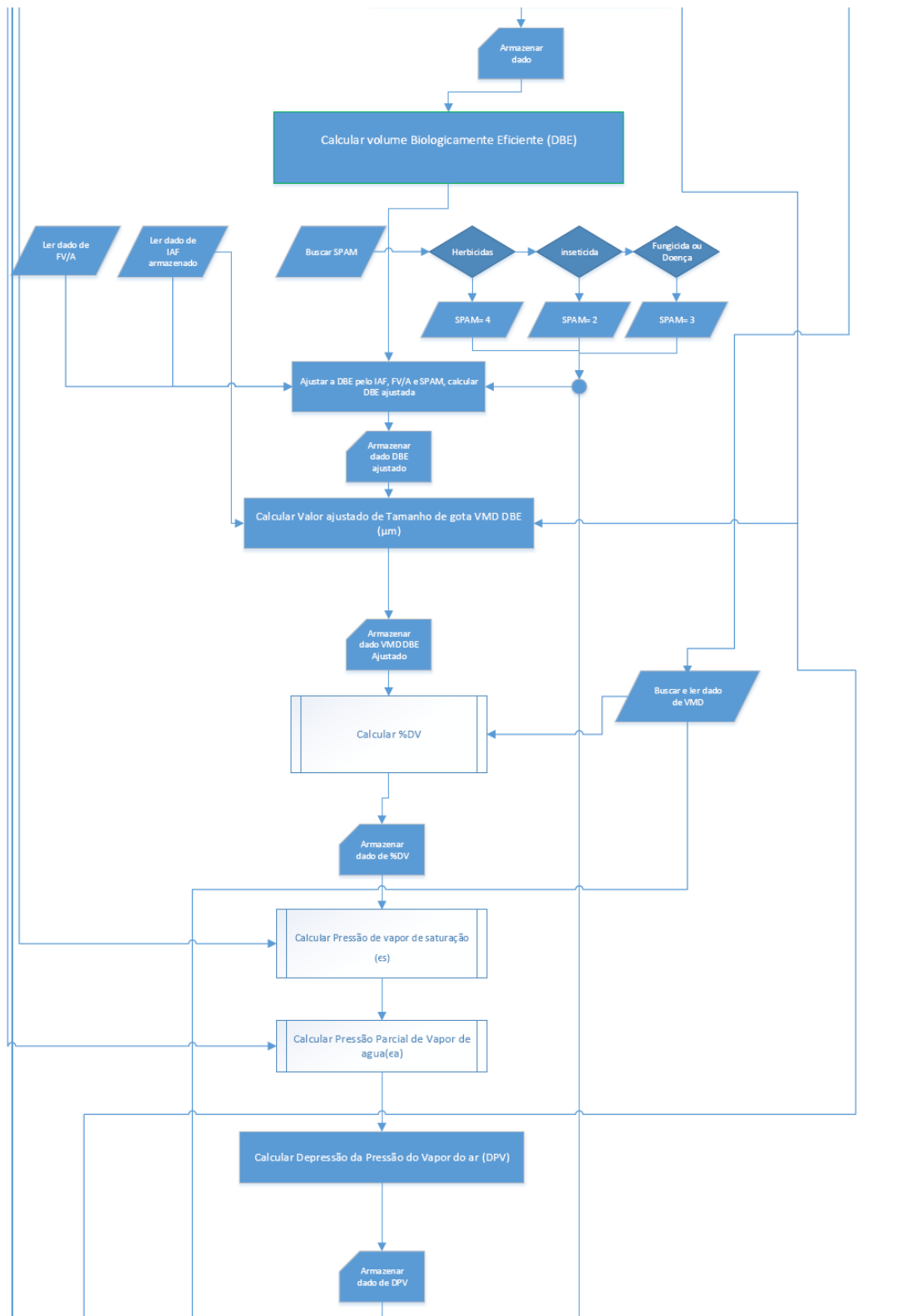
© 2014

**Sistema de Apoio à Decisão em Tecnologia de Aplicação  
de Precisão**

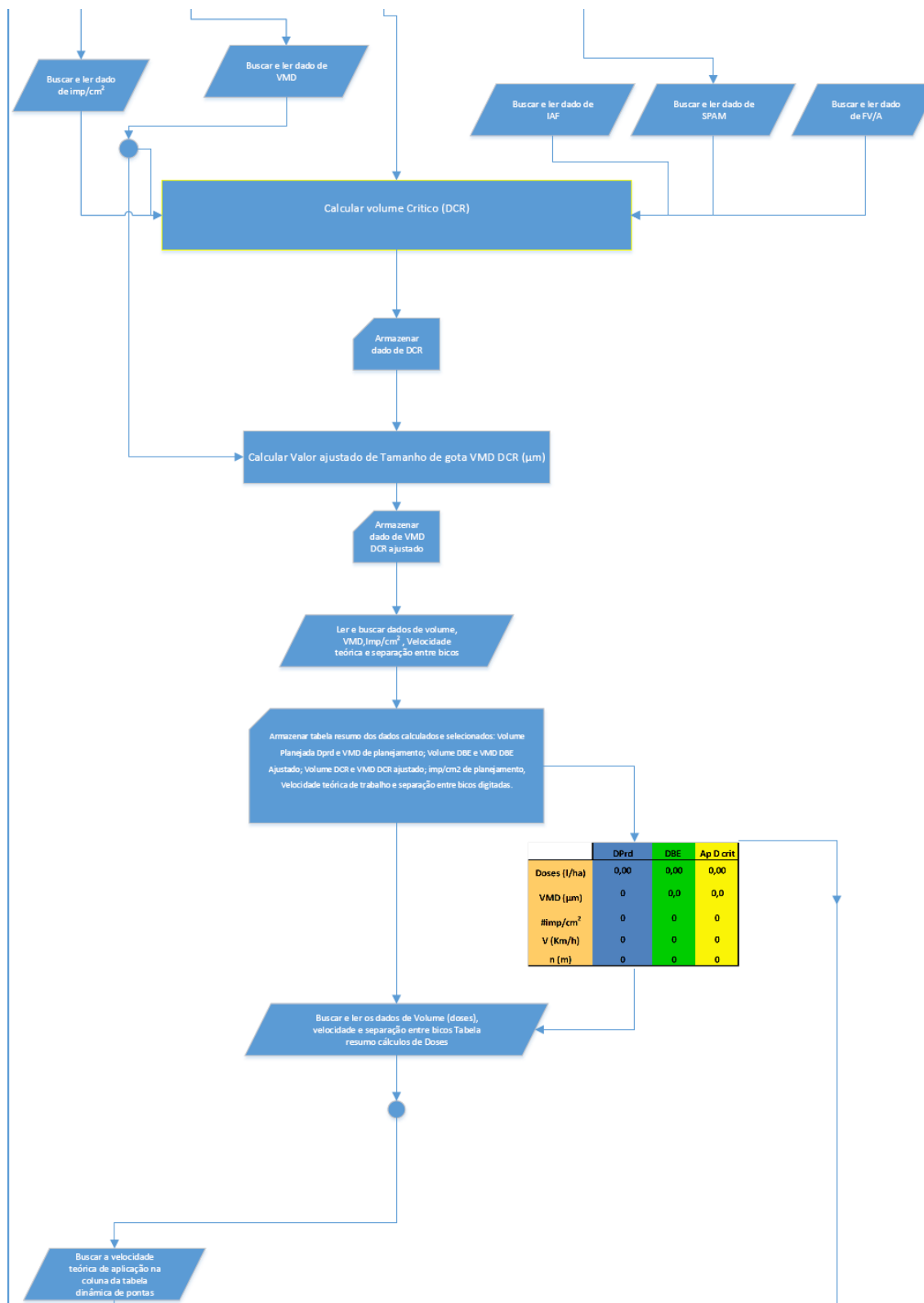


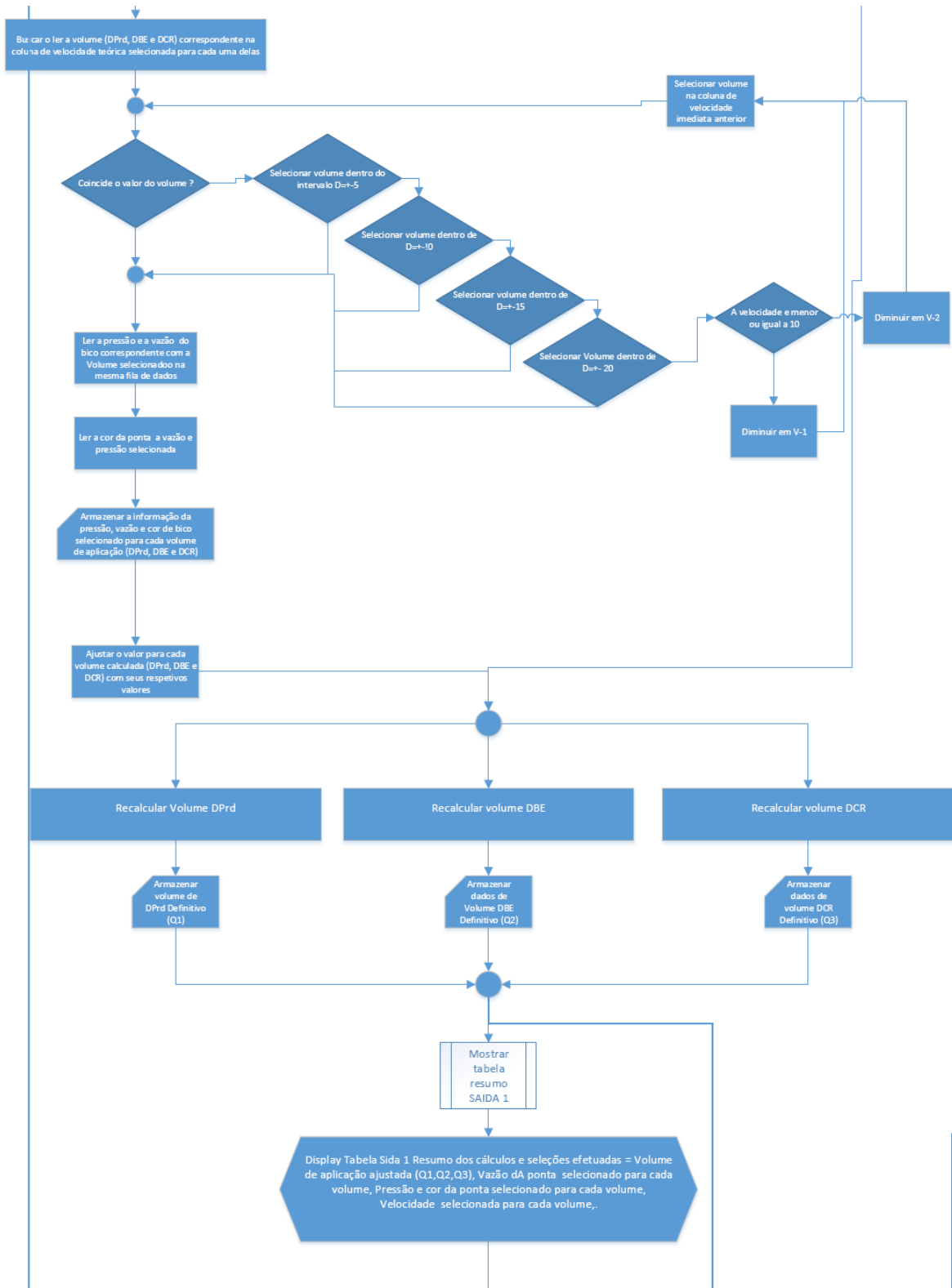


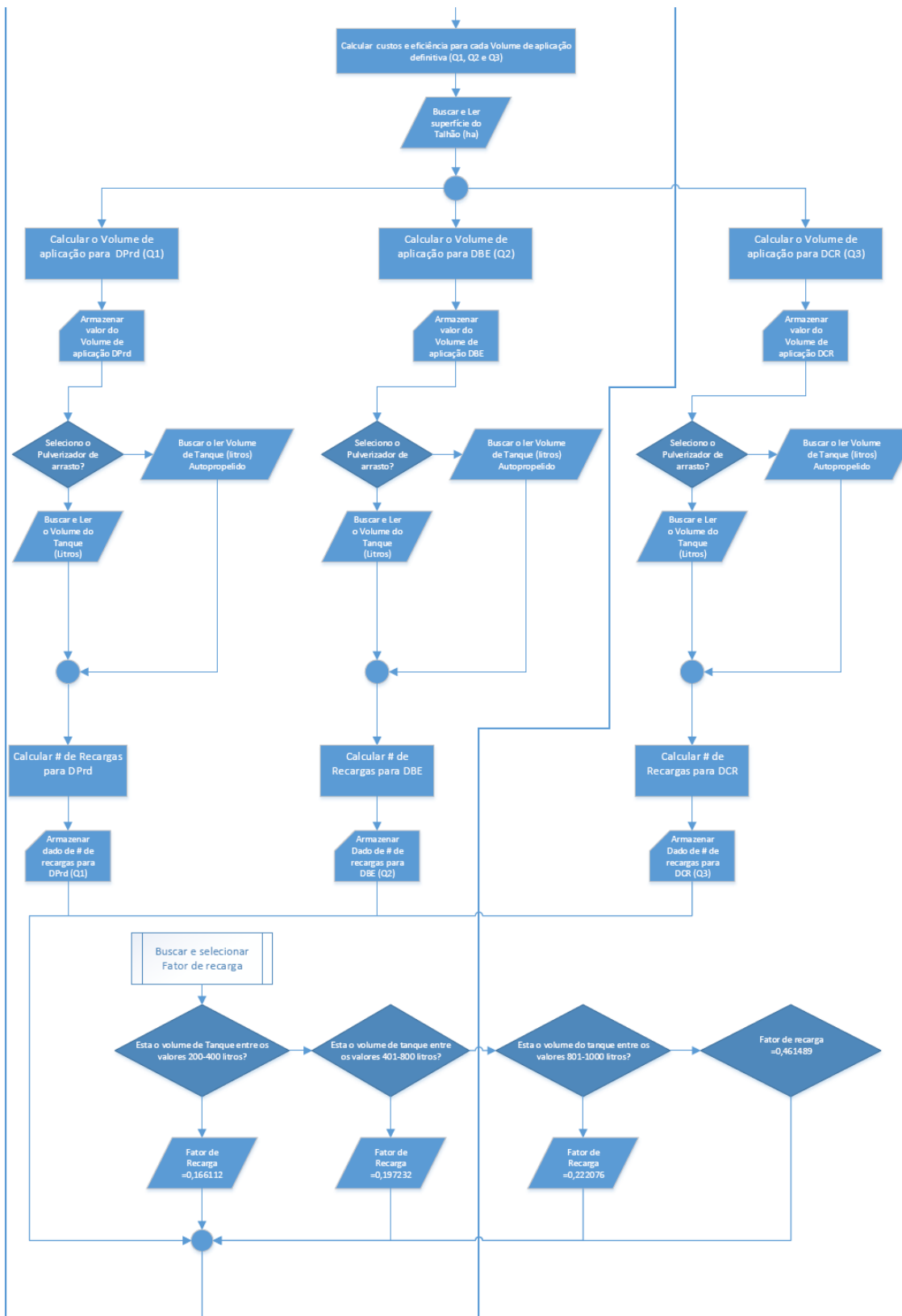


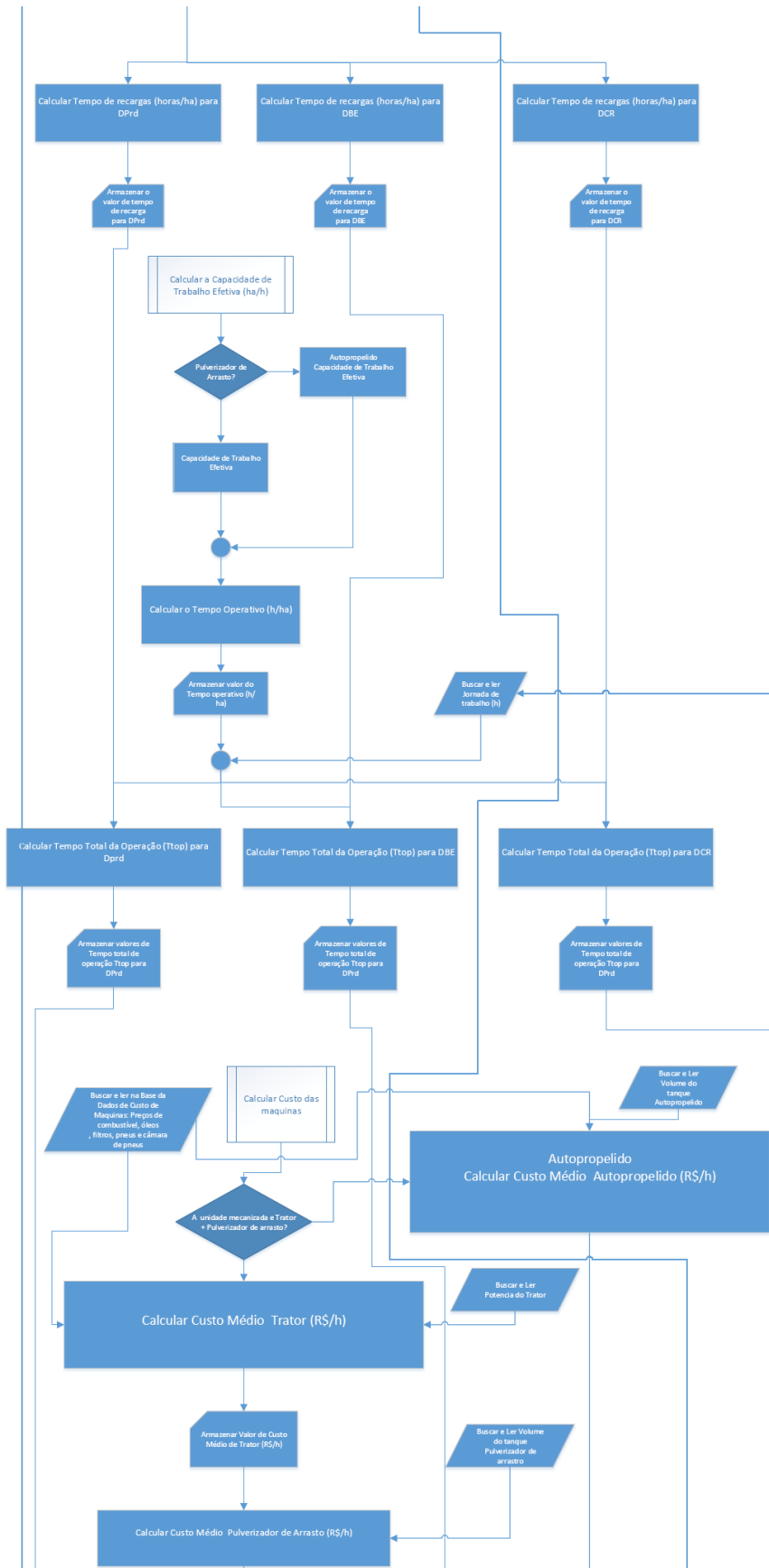


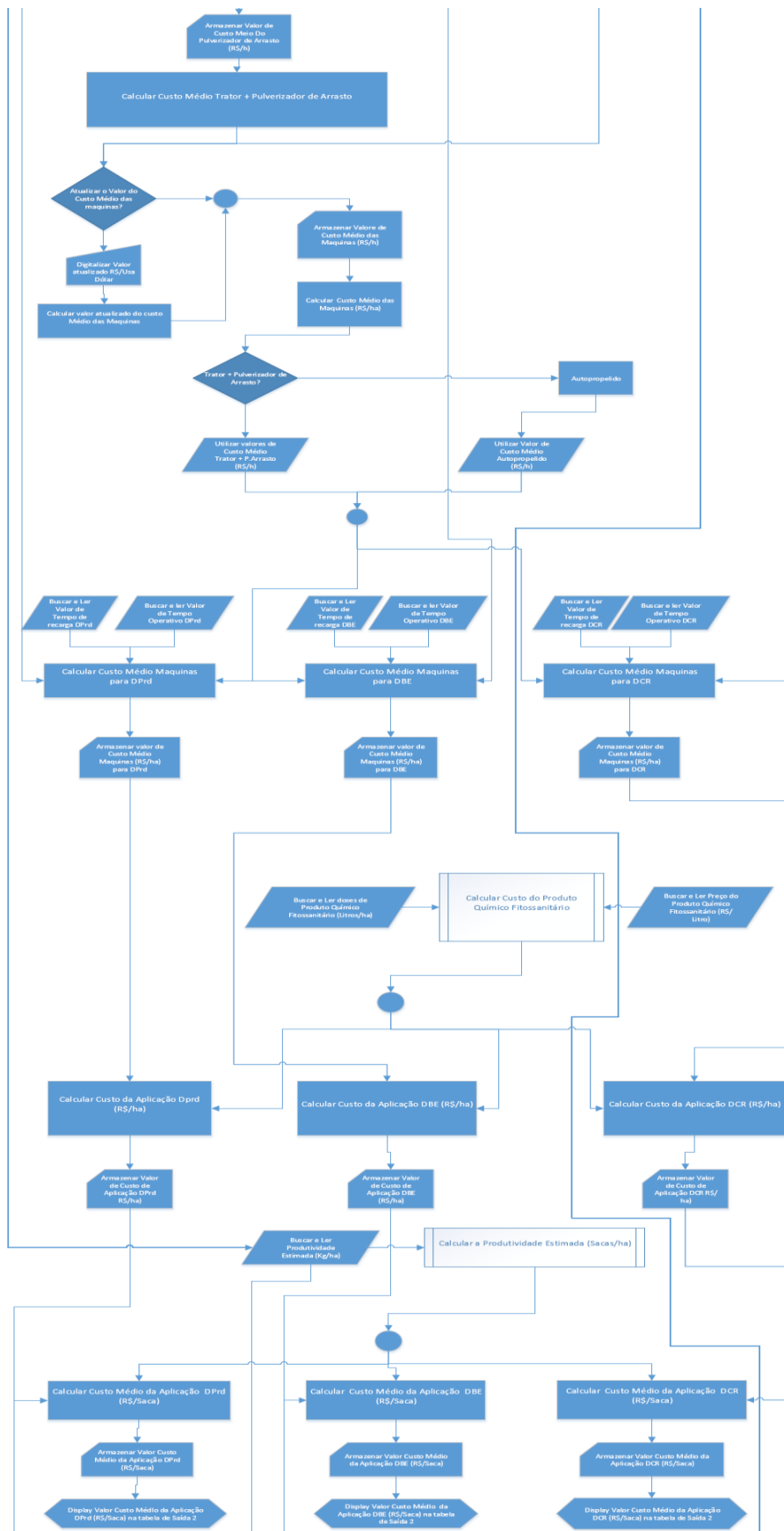


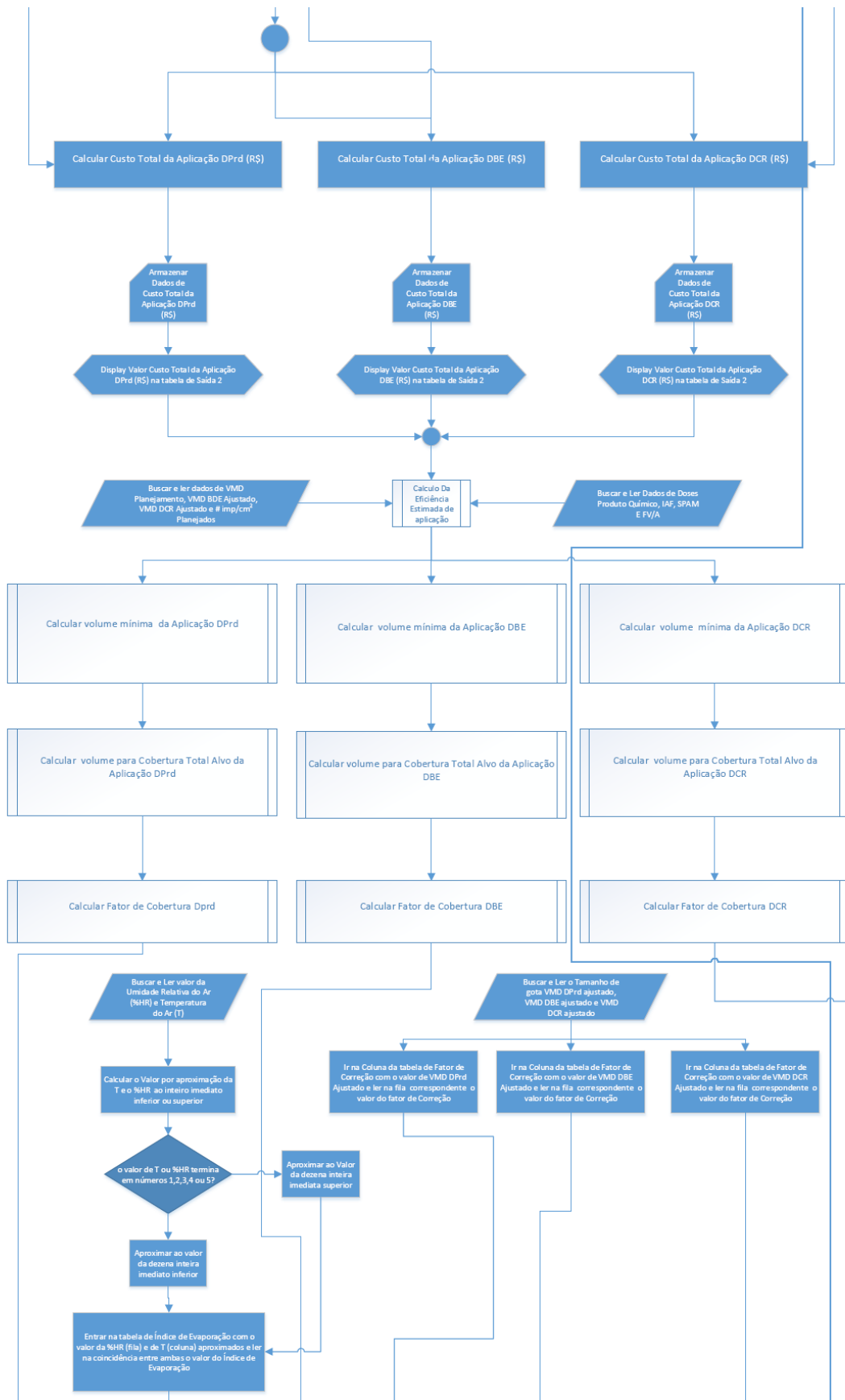


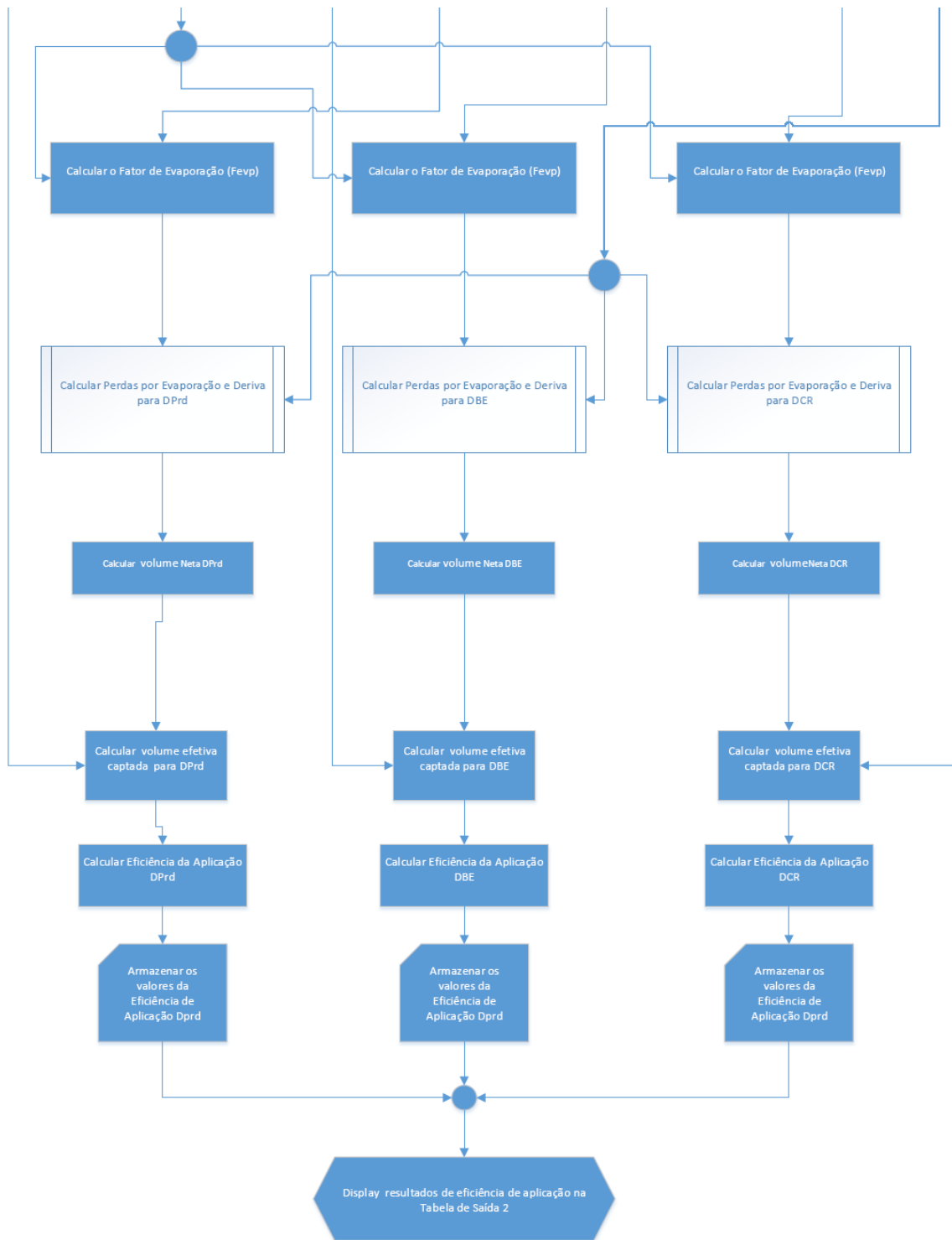


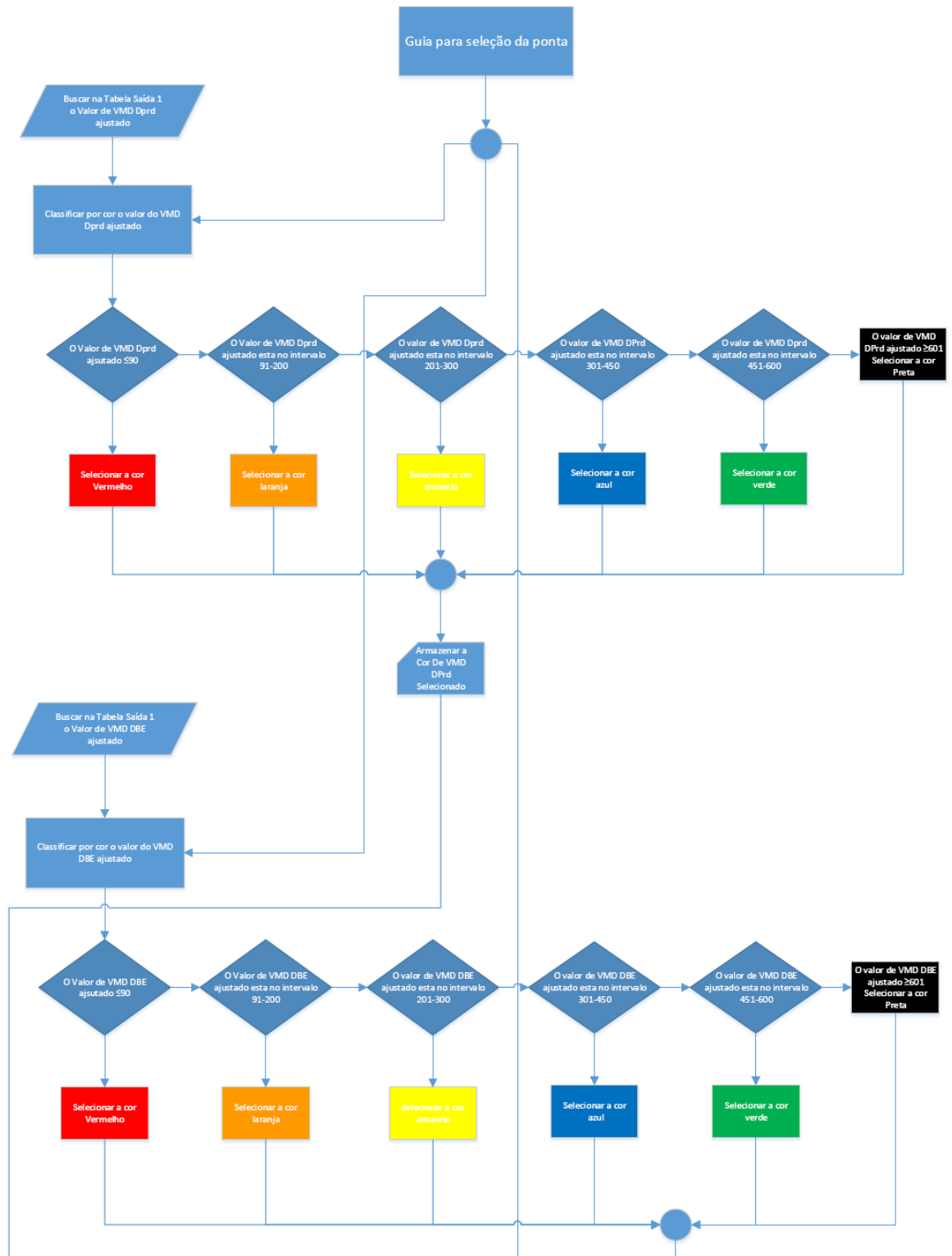




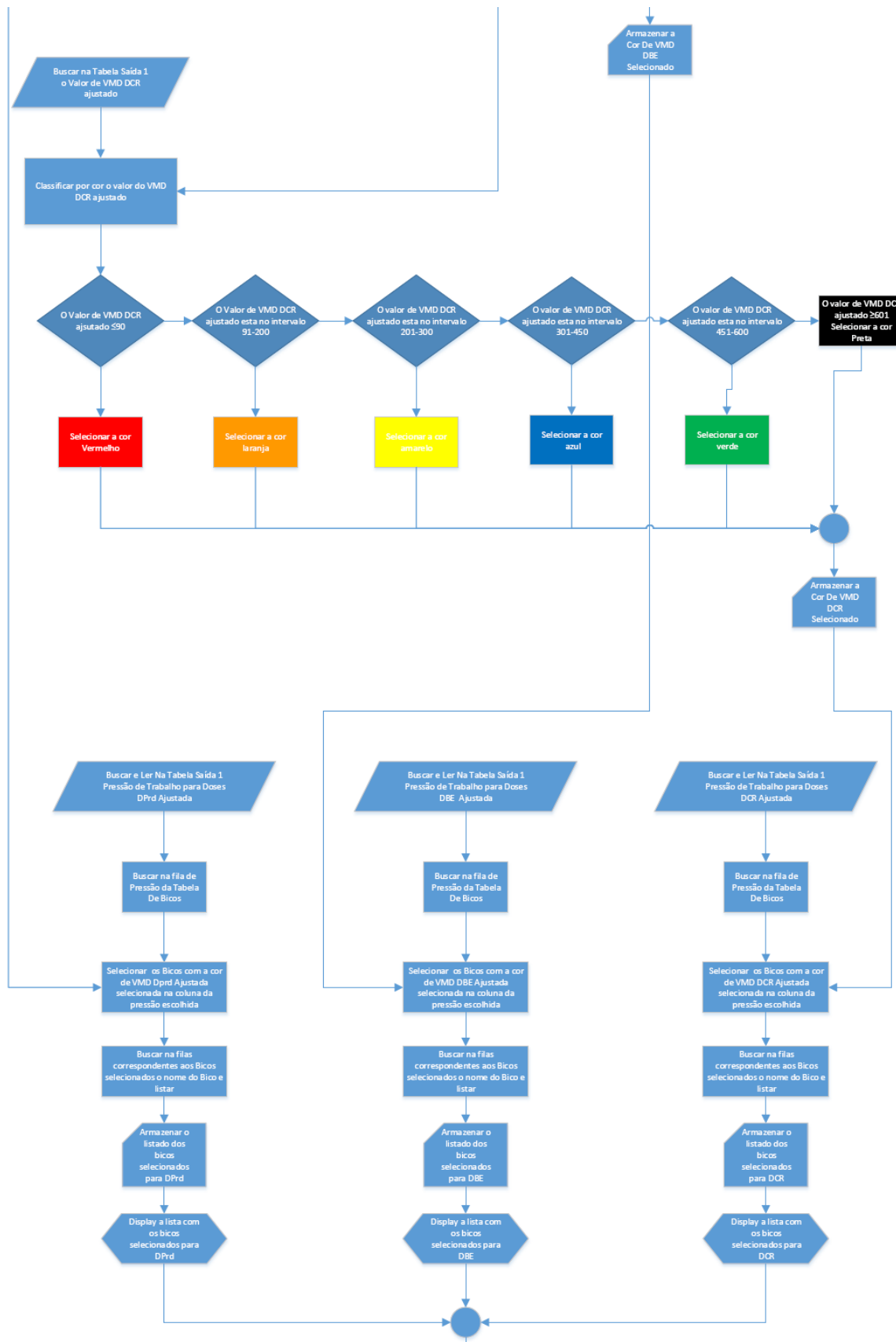


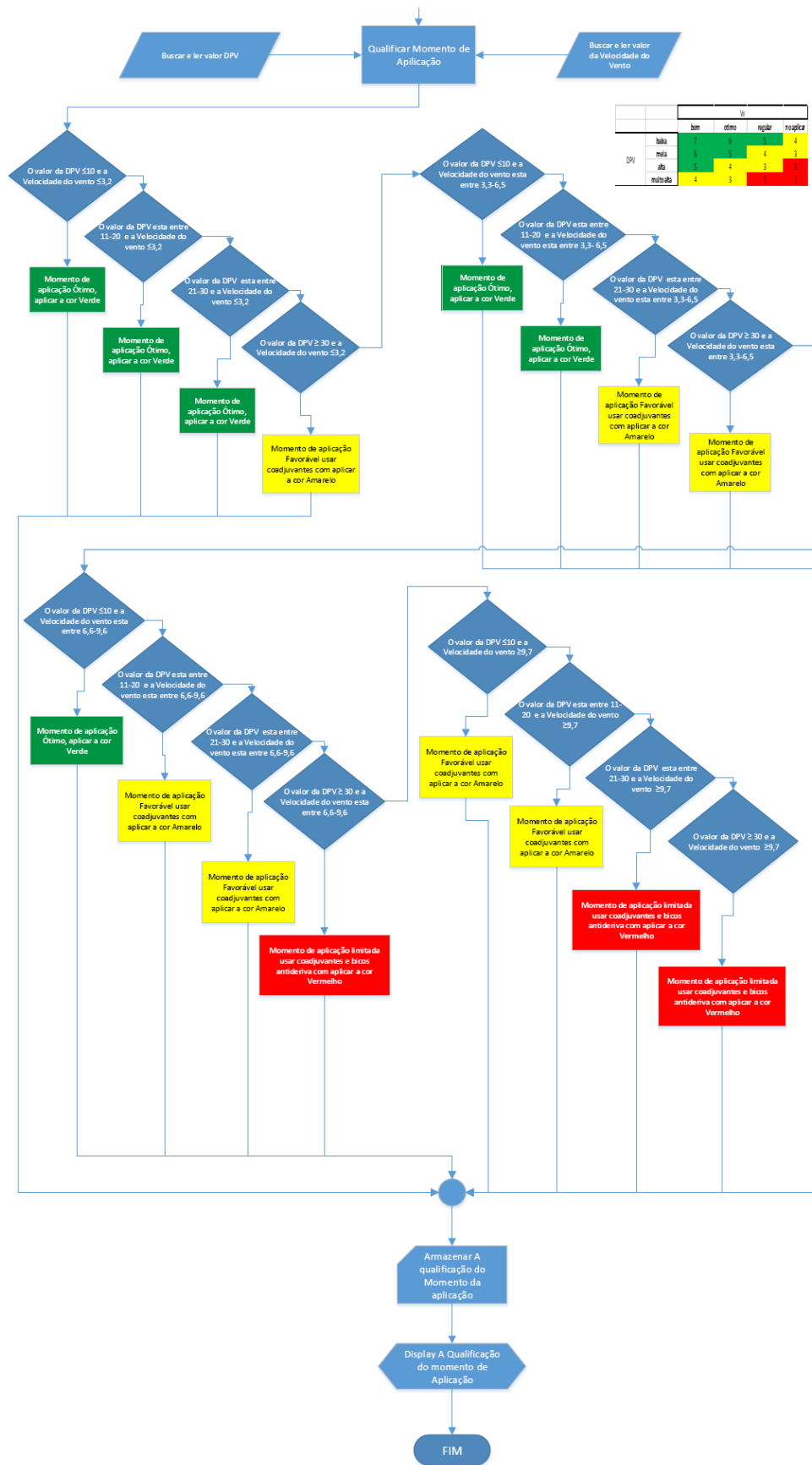












## APÊNDICE C

### Tabela Dinâmica de pontas



## **APÊNDICE D**

### **Banco Dinâmico de pontas**

Modelo	Bico	Pressão												
		1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	
XRC Teejet	XRC80015 (100)	225	225	120		120		120						
XRC Teejet	XRC8002 XRC11002 (50)	225	225	225		120		120						
XRC Teejet	XRC110025 (50)	225	225			120								
XRC Teejet	XRC8003 XRC11003 (50)	225	225	225		225		225						
XRC Teejet	XRC8004 XRC11004 (50)	375	225	225		225		225						
XRC Teejet	XRC8005 XRC11005 (50)	375	375	375		225		225						
XRC Teejet	XRC8006 XRC11006 (50)	375	375	375		375		375						
XRC Teejet	XRC8008 XRC11008 (50)	450	450	375		375		375						
XRC Teejet	XRC11010													
XRC Teejet	XRC11015													
XRC Teejet	XRC11020													
AIXR Teejet	AIXR110015 (100)	600		450		375		375	225					
AIXR Teejet	AIXR11002 (50)	600		450		375		375	225					
AIXR Teejet	AIXR110025 (50)	600		600		450		375	375					
AIXR Teejet	AIX11003 (50)	600		600		450		375	375					
AIXR Teejet	AIXR11004 (50)	600		600		450		450	375					
AIXR Teejet	AIXR11005 (50)	600		600		600		450	375					
AIXR Teejet	AIXR11006 (50)	600		600		600		450	375					
AI Teejet	AI80015 AI110015 (100)			450		450		375	375			375		
AI Teejet	AI8002 AI11002 (50)			450		450		450	375			375		
AI Teejet	AI80025 AI110025 (50)			600		450		450	375			375		
AI Teejet	AI8003 AI11003 (50)			600		450		450	375			375		
AI Teejet	AI8004 AI11004 (50)			600		450		450	450			375		
AI Teejet	AI8005 AI11005 (50)			600		600		450	450			375		
AI Teejet	AI8006 AI11006 (50)			600		600		450	450			375		
AI Teejet	AI11008 (50)			600		600		450	450			375		
Teejet induction	TT1110015 (100)	600		600		600		600	600	600				
Teejet induction	TT111002 (50)	600		600		600		600	600	600				
Teejet induction	TT1110025 (50)	600		600		600		600	600	600				
Teejet induction	TT11103 (50)	600		600		600		600	600	600				
Teejet induction	TT111004 (50)	600		600		600		600	600	600				
Teejet induction	TT111005 (50)	600		600		600		600	600	600				
Teejet induction	TT111006 (50)	600		600		600		600	600	600				
Turbo Twinjet	TTJ60-11002 (100)		375	375		375		225	225					
Turbo Twinjet	TTJ60-110025 (100)		450	375		375		375	225					
Turbo Twinjet	TTJ60-11003 (100)		450	375		375		375	225					
Turbo Twinjet	TTJ60-11004 (50)		450	375		375		375	225					
Turbo Twinjet	TTJ60-11005 (50)		450	375		375		375	375					
Turbo Twinjet	TTJ60-11006 (50)		450	450		375		375	375					
Turbo Teejet	TT11001 (100)	375		225		120		120	120					
Turbo Teejet	TT110015 (100)	375		225		225		120	120					
Turbo Teejet	TT11002 (50)	375		375		225		225	120					
Turbo Teejet	TT11025 (50)	450		375		225		225	225					
Turbo Teejet	TT11003 (50)	450		375		375		225	225					
Turbo Teejet	TT11004 (50)	600		375		375		375	225					
Turbo Teejet	TT11005 (50)	600		450		375		375	225					
Turbo Teejet	TT11006 (50)	600		450		375		375	225					
Turbo Teejet	TT11008 (50)	600		450		375		375	225					
XR Teejet	XR8001 XR11001 (100)	225	120	120	120	120								
XR Teejet	XR80015 XR110015 (100)	225	225	120	120	120			120					
XR Teejet	XR8002 XR11002 (50)	225	225	225	225	120			120					
XR Teejet	XR110025 (50)	225	225			120			120					
XR Teejet	XR8003 XR11003 (50)	225	225	225	225	225			225					
XR Teejet	XR8004 XR11004 (50)	375	225	225	225	225			225					
XR Teejet	XR8005 XR11005 (50)	375	375	375	225	225			225					
XR Teejet	XR8006 XR11006 (50)	375	375	375	375	375			375					







Modelo	Bico	Pressão											
		1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10
FullJet	FL-5VS FL-5VC												
FullJet	FL-6,5VS FL-6,5VC												
FullJet	FL-8VS FL-8VC												
FullJet	FL-10VS FL-10VC												
FullJet	FL-15VS FL-15VC												
HARDI ISO F-110	0075-Rosa	120	120	120	120			120	120				
HARDI ISO F-110	01-laranja	120	120	120	120			120	120				
HARDI ISO F-110	015-Verde	225	120	120	120			120	120				
HARDI ISO F-110	02-Amarelo	225	225	120	120			120	120				
HARDI ISO F-110	025-Lilás	225	225	225	225			120	120				
HARDI ISO F-110	03-Azul	225	225	225	225			225	225				
HARDI ISO F-110	04-vermelho	225	225	225	225			225	225				
HARDI ISO F-110	05-Marrom	375	375	225	225			225	225				
HARDI ISO F-110	06-cinza	375	375	375	375			375	375				
HARDI ISO F-110	08-Branco	450	375	375	375			375	375				
HARDI ISO F-110	10-Azul claro	450	450	450	450			375	375				
HARDI ISO LD-110	01-laranja	225	225	225	225			225	120				
HARDI ISO LD-110	015-Verde	225	225	225	225			225	225				
HARDI ISO LD-110	02-Amarelo	225	225	225	225			225	225				
HARDI ISO LD-110	025-Lilás	375	375	225	225			225	225				
HARDI ISO LD-110	03-Azul	375	375	375	375			225	225				
HARDI ISO LD-110	04-vermelho	375	375	375	375			375	225				
HARDI ISO LD-110	05-Marrom	375	375	375	375			375	375				
HARDI ISO MINIDRIF	015-Verde	375	375	375	375			225	225				
HARDI ISO MINIDRIF	02-Amarelo	450	375	375	375			375	225				
HARDI ISO MINIDRIF	025-Lilás	450	450	375	375			375	225				
HARDI ISO MINIDRIF	03-Azul	450	450	450	375			375	375				
HARDI ISO MINIDRIF	04-vermelho	450	450	450	450			375	375				
HARDI ISO MINIDRIF	05-Marrom	450	450	450	450			375	375				
HARDI ISO INJET	01-laranja					450		450	450	375	375	375	
HARDI ISO INJET	015-Verde					450		450	450	450	450	375	
HARDI ISO INJET	02-Amarelo					450		450	450	450	450	450	
HARDI ISO INJET	025-Lilás					450		450	450	450	450	450	
HARDI ISO INJET	03-Azul					450		450	450	450	450	450	
HARDI ISO INJET	04-vermelho					450		450	450	450	450	450	
HARDI ISO INJET	05-Marrom					450		450	450	450	450	450	
HARDI ISO INJET	06-cinza					450		450	450	450	450	450	
HARDI ISO INJET	08-Branco					450		450	450	450	450	450	
HARDI ISO F- 80	01-laranja												
HARDI ISO F- 80	015-Verde												
HARDI ISO F- 80	02-Amarelo												
HARDI ISO F- 80	03-Azul												
HARDI 1299	1299-06 Branco 371507												
HARDI 1299	1299-08 Lilás												
HARDI 1299	1299-10 marrom												
HARDI 1299	1299- 12 amarelo 371510												
HARDI 1299	1299-14 Laranja 371511						120						
HARDI 1299	1299-16 vermelho 371512						120						
HARDI 1299	1299-17 cinza 371972						120						
HARDI 1299	1299-18 verde 371513						120						
HARDI 1299	1299-19 preto 371973						120					120	
HARDI 1299	1299-20 azul 371514						225					120	
APE ALBUZ	amarela		225	225	225	225	225	225					
APE ALBUZ	laranja		225	225	225	225	225	225					
APE ALBUZ	vermelha		225	225	225	225	225	225					
APE ALBUZ	verde		225	225	225	225	225	225					
APE ALBUZ	turquesa		225	225	225	225	225	225					
APE ALBUZ	azul		225	225	225	225	225	225					
APE ALBUZ	cinza		225	225	225	225	225	225					
APE ALBUZ	preta		225	225	225	225	225	225					



Modelo	Bico	Pressão											
		1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10
SERIE SF	110.SF 03 azul - 50												
SERIE SF	110.SF 04 vermelha - 50												
SERIE LD	110.LD - 015 verde - 80												
SERIE LD	110.LD - 02 amarela - 50												
SERIE LD	110.LD - 03 azul - 50												
SERIE LD	110.LD - 04 vermelha - 50												
Jacto API	API 110.015 verde - 80	120		120		120		120					
Jacto API	API 110.02 amarela- 50	120		120		120		120					
Jacto API	API 110.03 azul- 50	225		225		120		120					
Jacto API	API 110.04 vermelha- 50	225		225		225		225					
Jacto API	API 110.05 marrom- 50	375		375		225		225					
Jacto API	API 110.06 cinza - 50	375		375		375		375					
SERIE BJ	BJ-01 laranja - 80												
SERIE BJ	BJ-015 verde - 80												
SERIE BJ	BJ-02 amarela - 50												
SERIE BJ	BJ-03 azul - 50												
SERIE BJ	BJ-04 vermelha - 50												
SERIE AVI-110	AVI 11001 laranja - 100					450		375	375	375	375	375	
SERIE AVI-110	AVI 110-015 verde - 100					450		375	375	375	375	375	
SERIE AVI-110	AVI 110-02 amarela - 100					450		375	375	375	375	375	
SERIE AVI-110	AVI 110-025 - 50					450		375	375	375	375	375	
SERIE AVI-110	AVI 110-03 azul - 50					600		450	375	375	375	375	
SERIE AVI-110	AVI 110-04 vermelha- 50					600		600	450	450	450	450	
SERIE AVI-110	AVI 110-05 marrom - 50					600		600	450	450	450	450	
SERIE AVI-110	AVI 110-06 cinza - 50					600		600	600	600	600	450	
SERIE AVI-110	AVI 11008 branco - 50					600		600	600	600	600	600	
SERIE AVI-110	AVI 11010 preto - 50					600		600	600	600	600	600	
Jacto AirMix	AirMix 11001- 80	375	225			225	120	120	120				
Jacto AirMix	AirMix 110015- 80	375	225			225	120	120	120				
Jacto AirMix	AirMix 11002- 50	375	375			225	225	225	120				
Jacto AirMix	AirMix 110025- 50	375	375			375	225	225	225				
Jacto AirMix	AirMix 11003- 50	450	450			375	375	225	225				
Jacto AirMix	AirMix 11004- 50	450	450			375	375	225	225				
Jacto AirMix	AirMix 11005- 50	450	450			450	375	375	225				
Jacto AirMix	AirMix 11006- 50	450	450			450	375	375	375				
Jacto ADI	ADI 11001 - 100		225			225		120	120				
Jacto ADI	ADI 110015 - 100		225			225		225	120				
Jacto ADI	ADI 11002 - 100		225			225		225	225				
Jacto ADI	ADI 11003 - 100		375			225		225	225				
Jacto ADI	ADI 11004 - 100		450			375		375	375				
Jacto ATR	ATR 0,5 - 100												
Jacto ATR	ATR 1,0 - 100												
Jacto ATR	ATR 1,5 - 80												
Jacto ATR	ATR 2,0 - 50							120					
Jacto ATR	ATR 3,0 - 50							120					
Jacto ATR	ATR 4,0 - 50							120					
Jacto ATR	ATR 4,5 - 50							120			120		
Jacto ATR	ATR 5,0 - 50							120			120		
Jacto ATR	ATR 6,0 - 50							120			120		
Jacto ATR	ATR 7,0 - 50							225			120	120	
Jacto AVI TWIN	laranja AVI TWIN 11001 - 100					600		450	375	375	225		
Jacto AVI TWIN	verde AVI TWIN 110015 - 100					600		450	375	375	225		
Jacto AVI TWIN	amarela AVI TWIN 11002 - 100					600		450	375	375	225		
Jacto AVI TWIN	lilas AVI TWIN 110025 - 50					600		450	450	375	375		
Jacto AVI TWIN	azul AVI TWIN 11003 - 50					600		450	450	375	375		
Jacto AVI TWIN	vermelha AVI TWIN 11004 - 50					600		450	450	375	375		
Jacto AVI TWIN	marrom AVI TWIN 11005 - 50					600		450	450	375	375		
Jacto AVI TWIN	cinza AVI TWIN 11006 - 50					600		450	450	375	375		
Jacto AXI	verde AXI 110015 - 100	120	120			120		120					
Jacto AXI	amarela axi 11002 - 100	120	120			120		120					

Modelo	Bico	Pressão												
		1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7	8	10	
Jacto AXI	lilás AXI 110025 - 50		120	120		120		120						
Jacto AXI	azul AXI 11003 - 50		225	225		225		120						
Jacto AXI	vermelha AXI 11004 - 50		225	225		225		225						
Jacto AXI	marrom AXI 11006 - 50		225	225		225		225						
Jacto AXI	cinza AXI 11006 - 50		225	225		225		225						
Jacto AXI TWIN	amarela AXI TWIN 11002 - 100		120	120		120		120						
Jacto AXI TWIN	azul AXI TWIN 11003 - 100		120	120		120		120						
Jacto AXI TWIN	vermelha AXI TWIN 11004 - 80		225	225		120		120						
Jacto AXI TWIN	marrom AXI TWIN 11005 - 80		225	225		120		120						
Jacto CVI	verde CVI 110015 - 100		375	375		375		375						
Jacto CVI	amarela CVI 11002 - 100		375	375		375		375						
Jacto CVI	Lilás CVI 110025 - 50		375	375		375		375						
Jacto CVI	azul CVI 11003 - 50		375	375		375		375						
Jacto CVI	vermelha CVI 11004 -50		375	375		375		450						
Jacto CVI	marrom CVI 11005 - 50		375	375		375		450						
Jacto JAI	verde JAI 120015 - 80	450	375	375		375		225	225	225	120	120		
Jacto JAI	amarelo JAI 12002 - 80	450	375	375		375		375	225	225	225	225	225	
Jacto JAI	lilás JAI 120025 - 80	450	375	375		375		375	225	225	225	225	225	
Jacto JAI	azul 12003 - 80	450	450	450		375		375	375	225	225	225		
Jacto JAI	vermelho 12004 - 50	450	450	450		375		375	375	225	225	225		
Jacto JAI	marrom JAI 12005 - 50	450	600	600		450		450	375	375	375	375	225	
Jacto JAI	cinza jai 12006 - 50	600	600	600		450		450	375	375	375	375	225	
Jacto JAI	branco 12008 - 50	600	600	600		450		450	375	375	375	375	225	
Jacto JAP	verde JAI 110015 - 80	600	600	600		375		225	225	225	225	225	225	
Jacto JAP	amarelo JAI 11002 - 80	600	600	450		375		225	225	225	225	225	225	
Jacto JAP	lilás JAI 110025 - 80	600	600	450		375		375	375	225	225	225	225	
Jacto JAP	azul 11003 - 80	600	600	450		375		375	375	225	225	225	225	
Jacto JAP	vermelho 11004 - 50	600	600	450		375		375	375	225	225	225	225	
Jacto JAP	marrom 11005 - 50	600	600	450		375		375	375	225	225	225	225	
Jacto JDF	laranja JDF 01 - 80													
Jacto JDF	verde JDF 015 - 80													
Jacto JDF	amarelo JDF 02 - 50	375	225	225	225	120								
Jacto JDF	azul JDF 03 - 50	225	225	225	225	225								
Jacto JDF	vermelho JDF 04 - 50	375	225	225	225	225								
Jacto JDF	marrom JDF 05 - 50	375	375	225	225	225								
Jacto JDF	cinza JDF 06 - 50	375	375	225	225	225								
Jacto JDF	branco JDF 08 - 50	375	225	225	225	225								
Jacto JEF	laranja JEF 8001 - 80													
Jacto JEF	verde JEF 80015 - 80			120	120	120								
Jacto JEF	amarelo JEF 8002 - 50		225	120	120			120						
Jacto JEF	azul JEF 8003 - 50		375	225	225			120						
Jacto JEF	vermelho JEF 8004 - 50		375	225	225			225						
Jacto JEF	marrom JEF 8005 - 50		375	225	225			225						
Jacto JHS	verde JHS 11015 - 100		120	120		120		120						
Jacto JHS	amarelo JHS 11002 - 100		120	120		120		120						
Jacto JHS	lilás JHS 110025 - 50		120	120		120		120						
Jacto JHS	azul JHS 11003 - 50		225	225		225		120						
Jacto JHS	vermelho JHS 11004 - 50		225	225		225		225						
Jacto JHS	marrom JHS 11005 - 50		225	225		225		225						
Jacto JHS	cinza JHS 11006 - 50		225	225		225		225						
Jacto JHS	branca JHS 11008 - 50		225	375		225		225						
Jacto JLD	verde JLD 110015 - 80	225	225	225		225		225	120					
Jacto JLD	amarelo JLD 11002 - 50	375	225	225		225		225	225					
Jacto JLD	azul JLD 11003 - 50	375	375	225		225		225	225	225				
Jacto JLD	vermelho JLD 11004 - 50	375	375	375		225		225	225	225				
Jacto JLD	marrom JLD 11005 - 50	375	375	375		375		225	225					
Jacto JLD	cinza JLD 11006 - 50	375	375	375		375		375	375	375				
Jacto JLD	branco JLD 11008 - 50	375	375	375		375		375	375	375				
Jacto JSF	verde JSF 110015 - 80	225	120	120		120		120	120	120				
Jacto JSF	amarelo JSF 11002 - 50	225	120	120		120		120	120	120				
Jacto JSF	azul JSF 11003 - 50	225	225	225		120		120	120	120				
Jacto JSF	vermelho JSF 11004 - 50	375	225	225		225		120	120	120				
Jacto JSF	marrom JSF 11005 - 50	375	225	225		225		225	120	120				
Jacto JSF	cinza JSF 11006 - 50	450	375	375		225		225	225	225				
Jacto JSF	branco JSF 11008 - 50	450	375	375		225		225	225	225				
Jacto JUF	verde JUF 11015 - 80	225	120	120		120		120	120	120				
Jacto JUF	amarelo JUF 11002 - 50	225	120	120		120		120	120	120				
Jacto JUF	lilás JUF 110025 - 50	225	120	120		120		120	120	120				
Jacto JUF	azul JUF 11003 - 50	225	225	225		120		120	120	120				
Jacto JUF	vermelho JUF 11004 - 50	375	225	225		225		120	120	120				
Jacto JUF	marrom JUF 11005 - 50	375	225	225		225		225	120	120				
Jacto JUF	cinza JUF 11006 - 50	375	375	375		225		225	225	225				
Jacto JUF	branca JUF 11008 - 50	450	375	375		225		225	225	225				

## **APÊNDICE E**

### **ALGORITMO DE CUSTOS E EFICIÊNCIA DE TRABALHO**

